



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Software

**EH-UNMSM: E-Health Cloud para la mejora de
procesos de la clínica universitaria UNMSM mediante
una arquitectura de microservices**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Software

AUTOR

Diego Benito CAYO ALCOS

ASESOR

José César PIEDRA ISUSQUI

Lima, Perú

2018



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cayo, D. (2018). *EH-UNMSM: E-Health Cloud para la mejora de procesos de la clínica universitaria UNMSM mediante una arquitectura de microservices*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Software]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las ^{13:15} del día ¹² de abril del año 2018, se reunieron los docentes designados como miembros de Jurado de la Tesis, presidido por el Mg. Percy Elías Vivanco Muñoz, Lic. Víctor Hugo Bustamante (Miembro), y el Lic. José César Piedra Isusqui (Miembro Asesor) para la sustentación de la Tesis intitulada: **"EH-UNMSM: E-HEALTH CLOUD PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE LA CLINICA UNIVERSITARIA UNMSM MEDIANTE UNA ARQUITECTURA DE MICROSERVICES"** por el Br. Diego Benito Cayo Alcos; para optar el Título Profesional de Ingeniero de Software.

Acto seguido de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó al Bachiller a dar respuesta a las preguntas establecidas por los Miembros de Jurado.

El Bachiller en el curso de sus intervenciones demostró pleno dominio del tema, al responder con acierto y fluidez a las observaciones y preguntas formuladas por los señores miembros del Jurado.

Finalmente habiéndose efectuado la calificación correspondiente por los miembros de Jurado, el Bachiller obtuvo la nota de *16*. (En letras) *Dieciséis*.....

A continuación el Presidente del Jurado, Mg. Percy Elías Vivanco Muñoz declara al Bachiller **Ingeniero de Software**.

Siendo las.... horas, se levantó la sesión.

.....
Mg. Percy Elías Vivanco Muñoz
Presidente

.....
Lic. Víctor Hugo Bustamante Olivera
Miembro

.....
Lic. José César Piedra Isusqui
Miembro Asesor

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes	12
1.1.1 Del Problema	12
1.1.2 De la Técnica	13
1.2 Definición del problema.....	15
1.2.1 Problema principal	15
1.2.2 Problema específicos	15
1.3 Importancia del problema.....	16
1.4 Motivación del problema	18
1.5 Objetivos	19
1.5.1 Objetivo principal.....	19
1.5.2 Objetivos específicos.	19
1.6 Alcance	19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Cloud Computing.....	20
2.2 E-Health.....	22
2.3 Electronic Medical Record (EMR)	24
2.4 Personal Health Record (PHR).....	25
2.5 Electronic Health Record (EHR)	25
2.6 eHealth-as-a-Service (eHaaS).....	26
2.7 Health Level Seven (HL7)	29
2.8 Health Record Banking (HRB)	29
CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE	32
3.1 Revisión de la literatura.....	32
3.2 Trabajos sobre E-Health Cloud.....	33

3.2.1 Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System	33
3.2.2 A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System ...	35
3.2.3 MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System	37
3.2.4 Electronic Health Record as an eHaaS: Historia Clínica Electrónica como Servicio de Software en la Nube	39
3.2.5 A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs	41
3.2.6 An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System	43
3.2.7 Health Cloud – Healthcare As A Service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future	45
3.2.8 Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture	47
3.3 Análisis de trabajos relacionados a E-Health Cloud.....	49
CAPÍTULO IV: APOORTE TEÓRICO	53
4.1 Análisis de la propuesta	53
4.1.1 Descripción de procesos	53
4.1.2 Diagramas de procesos	54
4.1.3 Definición de la metodología de solución.....	57
4.1.4 Identificación de requerimientos	57
4.2 Diseño y arquitectura de software.....	59
4.2.1 Arquitectura de software	59
4.2.2 Wireframe	62
4.2.3 Repositorios de datos.....	75
CAPÍTULO V: APOORTE PRÁCTICO.....	89
5.1 Desarrollo de software	89
5.1.1 Frameworks	89
5.1.2 Herramientas tecnológicas de apoyo	90
5.1.3 Interfaces de usuario.....	91
5.1.4 Código fuente.....	99
5.2 Pruebas de software	100
5.2.1 Alcance de pruebas	100

5.2.2 Objetivos de pruebas	100
5.2.3 Estrategia de pruebas	100
5.2.4 Niveles de pruebas	101
5.2.5 Tipos de pruebas	103
5.2.6 Pruebas estáticas y métricas.....	106
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
6.1 Conclusión	108
6.2 Recomendaciones	108
6.3 Futuros Trabajos	108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS	115
Anexo 1: Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System	116
Anexo 2: A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System	118
Anexo 3: MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System	121
Anexo 4: Electronic Health Record as an eHaaS: Historia Clínica Electrónica como Servicio de Software en la Nube.....	125
Anexo 5: A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs	126
Anexo 6: An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System	134
Anexo 7: Health Cloud – Healthcare As A Service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future	136
Anexo 8: Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crecimiento de búsqueda del término Microservices en Google. [Google 2015]	14
Figura 2: Diferencia entre una aplicación monolítica y una de microservices. [Fowler 2014]	15
Figura 3: Porcentaje de países que respondieron con un sistema nacional de EHR. [WHO 2016]	16
Figura 4: Porcentaje de países con un sistema nacional de HME, según el grupo de ingresos del Banco Mundial. [WHO 2016]	17
Figura 5: Países con sistema nacional EHR, acumulativamente por año de adopción (2000-2015) [WHO 2016]	18
Figura 6: Servicios en nube para la atención de salud. [Noura+ 2015]	21
Figura 7: Tipos de salud electrónica. [Noura+ 2015]	22
Figura 8: Composición de la EHR. [Alliance+ 2008]	26
Figura 9: Definiciones de términos de registros electrónicos. [Alliance+ 2008]	26
Figura 10: Modelo centrado en los stakeholders. [Shane+ 2014]	27
Figura 11: Modelo Conceptual eHaaS. [Shane+ 2014]	28
Figura 12: Compartiendo datos entre el banco de registro de salud y la asociación bancaria. [Gold+ 2007]	30
Figura 13: Fuentes de datos de PHR. [Gold+ 2007]	31
Figura 14: Modelo eHealth Cloud de tres niveles. [Biswas+ 2014]	33
Figura 15: HL7 web services. [Biswas+ 2014]	35
Figura 16: Arquitectura del sistema. [Weider+ 2013]	36
Figura 17: Arquitectura operacional de MedBook. [Rodriguez+ 2012]	38
Figura 18: Arquitectura de alto nivel del modelo HCR propuesto. [Bernardo+ 2015]	39
Figura 19: Cloud Framework propuesto para CHMS. [Reddy+ 2012]	44
Figura 20: Vista general del servicio de procesamiento de imágenes. [John+ 2014]	46
Figura 21: Diseño de base de datos. [Hameed+ 2015]	47
Figura 22: EHR, historia del perfil del paciente. [Hameed+ 2015]	48
Figura 23: Datos médicos del paciente. [Hameed+ 2015]	48
Figura 24: Procesos de Admisión y Tópico.	55
Figura 25: Procesos de que se realizan para obtener el certificado médico	56
Figura 26: Diagrama de componentes de la propuesta EH-UNMSM	60
Figura 27: Representación de la página de inicio del software	63
Figura 28: Representación de la página del registro de paciente	64
Figura 29: Representación de la página de Medicina General – Primera Parte	65
Figura 30: Representación de la página de Medicina General – Segunda Parte	66
Figura 31: Representación la página de Medicina General – Tercera Parte	67
Figura 32: Representación de la página de Examen de Laboratorio	68
Figura 33: Representación de la página de Examen Radiológico	69
Figura 34: Representación de la página de Examen Psicológico	70
Figura 35: Representación de la página de Historia Clínica – Primera parte	71
Figura 36: Representación de la página de Historia Clínica – Segunda parte	72

Figura 37: Representación de la página de Historia Clínica – Segunda parte	73
Figura 38: Representación de la página de Historia Clínica – Tercera parte	74
Figura 39: Modelo de base de datos Catálogo.....	75
Figura 40: Modelo de base de datos Paciente	76
Figura 41: Modelo de base de datos EMR.....	77
Figura 42: Modelo de base de datos Examen de Medicina General	79
Figura 43: Modelo de base de datos Examen de Radiología.....	82
Figura 44: Modelo de base de datos Examen Psicológico.....	83
Figura 45: Modelo de base de datos Examen Laboratorio.....	84
Figura 46: Estructura de la colección para PHR	86
Figura 47: Modelo de base de datos Ubigeo	88
Figura 48: Interfaz de Usuario, primera parte Admisión - Registrar Paciente.....	92
Figura 49: Interfaz de Usuario, segunda parte Admisión - Registrar Paciente	92
Figura 50: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico - Medicina General.....	93
Figura 51: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico - Medicina General	93
Figura 52: Interfaz de Usuario, tercera parte Examen Médico - Medicina General	94
Figura 53: Interfaz de Usuario, cuarta parte Examen Médico - Medicina General.....	94
Figura 54: Interfaz de Usuario, quinta parte Examen Médico - Medicina General	95
Figura 55: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico – Laboratorio	95
Figura 56: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico – Laboratorio.....	96
Figura 57: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico – Radiología	96
Figura 58: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico – Radiología.....	97
Figura 59: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico – Psicología.....	97
Figura 60: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico – Psicología	98
Figura 61: Interfaz de Usuario, primera parte Historia Clínica.....	98
Figura 62: Interfaz de Usuario, segunda parte Historia Clínica	99
Figura 63: Interfaz de Usuario, tercera parte Historia Clínica.....	99

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Artículos seleccionados para la elaboración del aporte	32
Tabla 2: Comparación entre MongoDB y Cassandra. [Weider+ 2013].....	36
Tabla 3: Propiedades soportadas por ambas bases de datos. [Weider+ 2013].....	37
Tabla 4: Desafíos y/o características para e-health cloud.....	52
Tabla 5: Tabla de historias de usuario	57
Tabla 6: Descripción de API.....	61
Tabla 7: Opciones contenidas en el menú principal.....	63
Tabla 8: Descripción de la entidad Catálogo	75
Tabla 9: Descripción de la entidad Paciente	76
Tabla 10: Descripción de la entidad EMR	78
Tabla 11: Descripción de la entidad Examen Médico	78
Tabla 12: Descripción de la entidad Examen de Medicina General	79
Tabla 13: Descripción de la entidad Síntoma	80
Tabla 14: Descripción de la entidad Examen de Radiología	82
Tabla 15: Descripción de la entidad Examen Psicológico	83
Tabla 16: Descripción de la entidad Examen Laboratorio	85
Tabla 17: Descripción de la colección PHR	87
Tabla 18: Descripción de la entidad Ubigeo	88
Tabla 19: Pruebas Unitarias de API.....	101
Tabla 20: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 1	103
Tabla 21: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 2 y N° 3.....	104
Tabla 22: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 4.....	105
Tabla 23: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 5.....	105
Tabla 24: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 6.....	106
Tabla 25: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 7	106

EH-UNMSM: E-HEALTH CLOUD PARA LA MEJORA DE PROCESOS DE LA CLÍNICA UNIVERSITARIA UNMSM MEDIANTE UNA ARQUITECTURA DE MICROSERVICES

RESUMEN

Inicialmente la Clínica Universitaria contaba con pocas áreas de salud. Con el tiempo, el número de pacientes fue creciendo y se aumentaron especialidades. Como resultado, creció el nivel de almacenamiento de información. El tiempo de atención al paciente fue aumentando y el trámite documentario para obtener los resultados médicos demoraba aún más. Bajo los principales factores como la ley universitaria peruana, atención médica proyectada para los XVII Juegos Panamericanos 2019 y desarrollo tecnológico en historias clínicas electrónicas; existe la necesidad de mejorar la calidad de servicios médicos.

El presente trabajo propone el desarrollo de un E-Health Cloud describiendo el análisis de procesos, identificación de requerimientos de software, diseño de wireframes, comunicación de componentes, infraestructura, estrategia de pruebas y despliegue en la nube. El E-Health Cloud propuesto permite mejorar el proceso de diagnóstico, interoperabilidad entre áreas médicas y oportunidad de consulta en historias clínicas usando una arquitectura de software basada en microservicios. Para la gestión del presente trabajo se aplicó el marco de trabajo Scrum, con el objetivo de construir un software esperado por los usuarios de la clínica.

Palabras Claves

EMR, Arquitectura de Microservicios, Cloud Computing.

EH-UNMSM: E-HEALTH CLOUD FOR THE IMPROVEMENT OF THE UNMSM UNIVERSITY CLINIC PROCESSES BASED ON A MICROSERVICES ARCHITECTURE

ABSTRACT

Initially the University Clinic had few health areas. Over time, the number of patients grew and specialties were increased. As a result, the level of information storage grew. The time of patient care was longer and the paperwork to obtain medical results took longer. Under the main factors like the university law, projected healthcare to XVII Pan American Games and technological development in electronic medical record; there is a need for improve the quality of the healthcare service.

This work proposes the development of an E-Health Cloud describing the processes analysis, identification of software requirements, wireframes design, components communication, infrastructure, test strategies and deployment on cloud. The proposed E-Health Cloud allows improving the diagnosis process, interoperability between medical areas and consultation opportunity on medical records using a software architecture based on microservices. To the project management of this work Scrum framework was used with the purpose of build an expected software by clinic users

Key Words

EMR, Microservices Architecture, Cloud Computing.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas apasionadas por la investigación tecnológica que siempre intentan mejorar nuestro Perú en todos los aspectos a pesar de las dificultades que se presentan.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanos, por su apoyo constante y por darme las fuerzas para concluir siempre mis objetivos

Al profesor José Piedra Isusqui, por su orientación como asesor durante el desarrollo del presente trabajo.

A todos los profesores de la FISI y mi alma máter UNMSM, porque durante cinco años de estudios forjaron en mí los saberes de carácter científico y humanístico.

Y a Dios, por darme la oportunidad de culminar este proyecto importante en mi vida.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

1.1.1 Del Problema

La Clínica Universitaria UNMSM se fundó en febrero de 1998 por la reorganización de consultorios clínicos anteriores. Comenzó y continúa atendiendo a pacientes de la comunidad universitaria y además pacientes externos. Realizando operaciones de emergencias por traumatismo, quemaduras y lesiones graves.

Inicialmente el centro de salud contaba con áreas como farmacia, radiología, despistajes de enfermedades, apoyo psicológico, odontología y ginecología.

Con el tiempo, el número de pacientes fue creciendo y se aumentaron especialidades. Las historias clínicas, resultados de laboratorios y documentos administrativos se almacenaban en documentos físicos. Por tanto creció el nivel de almacenamiento de información. Entonces el tiempo de atención al paciente fue aumentando y el trámite documentario para obtener los resultados médicos demoraba aún más.

La clínica optó por la adquisición de un sistema hecho en C# ¹ y desplegado en .NET². El sistema tiene cuatro funcionalidades que contemplan las áreas de registro de pacientes, psicología, radiología y registro de resultados de exámenes de laboratorio.

Desde la fecha de adquisición del sistema hasta la actualidad, estas funcionalidades no están integradas. Aún con el sistema, el tiempo para gestionar los documentos de cada paciente demora mucho porque solamente se utiliza el sistema como medio para ingresar información y no como un medio mejorador de procesos o distribuidor de información para el beneficio de usuarios interesados como médicos, administrativos, laboratorios o la oficina de bienestar.

¹ C#: Lenguaje de programación creado por Microsoft

² .NET: Plataforma de desarrollo creado por Microsoft

Hubo varios intentos por parte de los alumnos de la misma universidad para automatizar los procesos de los servicios que brinda la clínica, pero no se concretaban satisfactoriamente porque los sistemas propuestos estaban enfocados para algunas áreas, pocos se enfocaban en todas las áreas pero no detalladamente. También sus propuestas de solución no estaban aterrizadas completamente. Sin embargo, en el 2016 CENPRO – FISI³ presento una propuesta para la clínica.

Actualmente sigue en aumento el número de pacientes y la gestión del trámite documentario a nivel administrativo y de cada paciente es cada vez más difícil. La ley universitaria N° 30220 [Ley 2014] indica la verificación de los servicios educacionales complementarios básicos. Y en la corriente de tener una universidad con los niveles deseables de calidad para la acreditación, existe la necesidad de mejorar la calidad del servicio médico.

1.1.2 De la Técnica

Arquitectura de Microservices

El modelo de Arquitectura de Microservices (*Microservices Architecture*) es un nuevo término que se ha hecho conocido poco a poco en los últimos años en la comunidad del desarrollo de software.

El término fue creado por un grupo de arquitectos de software en 2012, pero recién en 2014 empezó hacerse conocido, cuando Martin Fowler, desarrollador de software y autor conocido de la comunidad, comenzó a usar el término en algunas de sus publicaciones de su página web [Smartbear 2015]. En la siguiente figura podemos notar como fue el crecimiento del término en Google (Ver Figura 1).

³ CENPRO-FISI: Centro de Producción, entidad empresarial de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática – FISI de la UNMSM, creada con la finalidad de contribuir al desarrollo integral de la facultad. Fuente <http://sistemas.unmsm.edu.pe/cenpro/> (Consultado 09 Diciembre 2016)

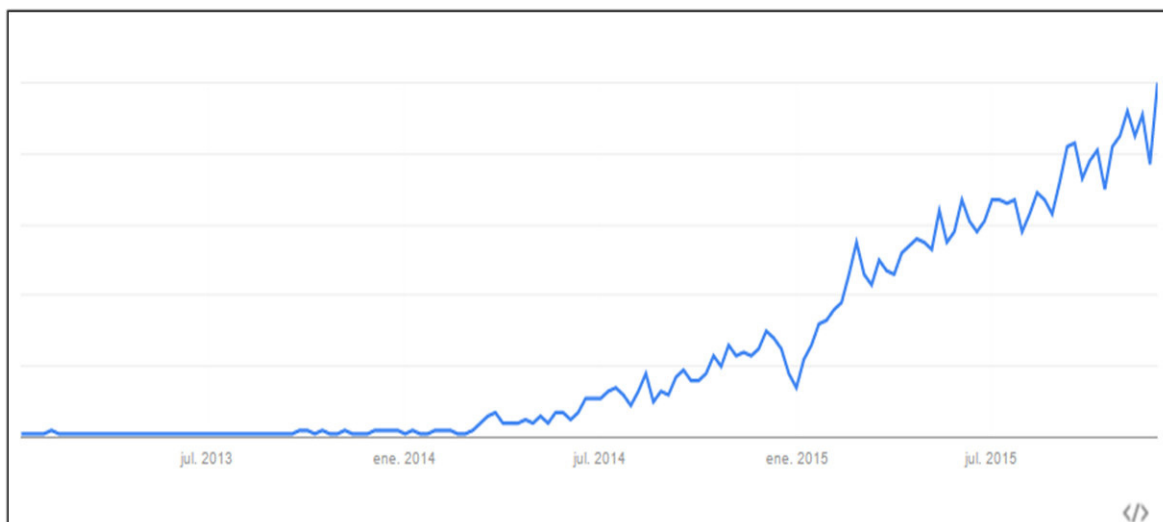


Figura 1: Crecimiento de búsqueda del término Microservices en Google. [Google 2015]

Si bien no existe una definición precisa de este estilo arquitectónico, hay ciertas características comunes alrededor de organización en torno a capacidad del negocio, el despliegue automatizado, la inteligencia en los puntos finales, y el control descentralizado de los lenguajes y datos [Fowler 2014].

Definición

[Lewis+ 2014].

En resumen, el estilo arquitectónico de microservices es un enfoque para el desarrollo de una sola aplicación como un conjunto de servicios pequeños, donde cada uno se ejecuta en su propio proceso y comunicación con mecanismos de peso ligero, a menudo una API⁴ recurso HTTP⁵. Estos servicios se construyen en torno a las capacidades de negocio y se despliegan independientemente por un mecanismo de implementación totalmente automatizado. Hay una mínima gestión centralizada de estos servicios, que pueden estar escritas en lenguajes de programación diferentes y utilizan diferentes tecnologías de almacenamiento de datos.

A continuación mostraremos la diferencia entre hacer una aplicación monolítica y una que usa Arquitectura Microservices (Ver Figura 2).

⁴ API: Application Programming Interface. Fuente <https://medium.freecodecamp.com/what-is-an-api-in-english-please-b880a3214a82> (Consultado 14 Abril 2017)

⁵ HTTP: Hypertext Transfer Protocol. Fuente <http://www.dictionary.com/browse/http> (Consultado 14 Abril 2017)

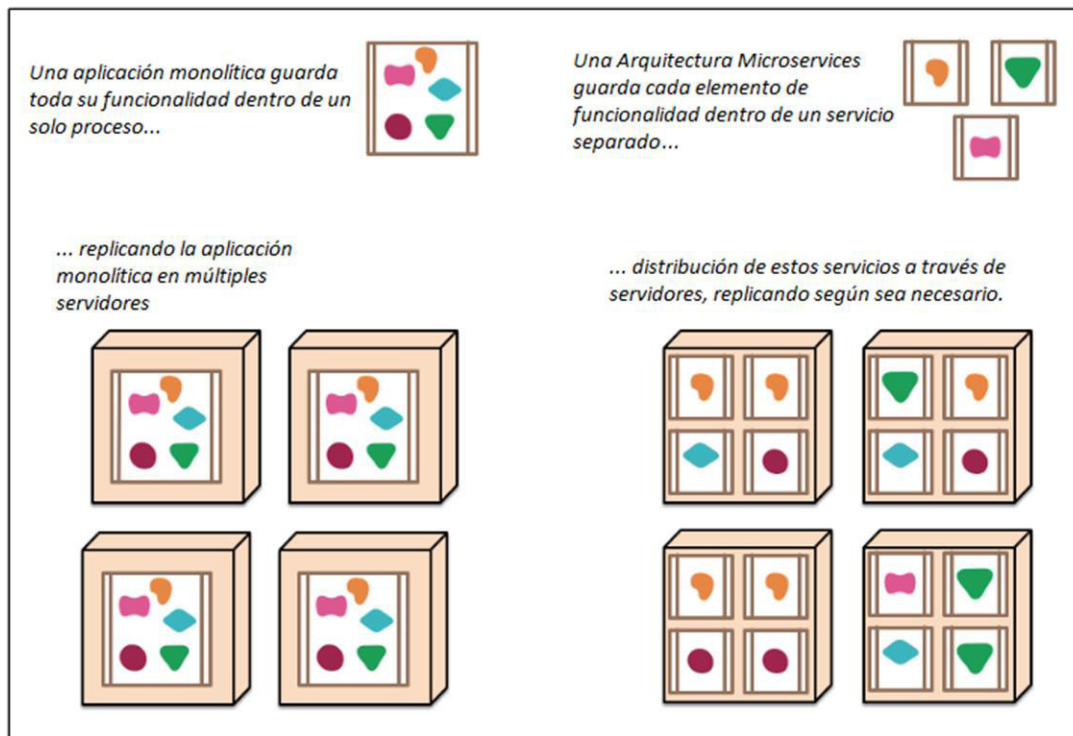


Figura 2: Diferencia entre una aplicación monolítica y una de microservices. [Fowler 2014]

1.2 Definición del problema

1.2.1 Problema principal

No existe una adecuada gestión del proceso de atención del servicio médico. Consecuentemente, los tiempos de espera son muy largos para la atención médica, generando así la insatisfacción de los pacientes por el servicio recibido.

1.2.2 Problema específicos

- El actual sistema solo admite el ingreso de resultados médicos. Primero se realizan los apuntes de los resultados en un cuaderno y después se ingresan al sistema. Por tanto, existe un retraso y riesgo para obtener y registrar el diagnóstico del paciente.
- Las áreas de la clínica no están integradas, si un especialista de algún área requiere la obtención de resultados de otra área sobre un alumno específico, el paciente tiene que salir de su consulta y pedir los resultados de esa área mencionada. Luego debe volver al área inicial para seguir con su consulta.

- No existe un marco adecuado para la gestión de información de historias clínicas y exámenes médicos, mientras aumente el número pacientes, mayor será el tiempo de espera para realizar una consulta de historia clínica

1.3 Importancia del problema

El gran volumen de información de salud se genera en diferentes formatos, tales como archivos de texto, documentos estructurados y semiestructurados, imágenes, sonido o video [Bernardo+ 2015]. Los registros médicos deben ser almacenados y conservados de acuerdo con las condiciones y los tiempos establecidos por las leyes de cada país [Federal 2003].

En la actualidad, la accesibilidad a la historia clínica de manera oportuna desde cualquier parte y a cualquier hora (Computación Ubicua) [Kim+ 2012] es una necesidad para la mayoría de países. Varios países han ejecutado proyectos para impulsar el desarrollo de plataformas tecnológicas de servicios en salud [WHO 2007].

Países desarrollados han propuesto alternativas de solución para la consolidación de la EHR, basados en modelos de bancos de registro de salud [Gold+ 2007] y servicios de salud en la nube [Shane+ 2014].

Según una encuesta realizada por WHO [WHO 2016] casi la mitad de los Estados Miembros de WHO que respondieron (n = 57, 47%), informaron haber introducido un sistema EHR⁶, que es uno de los componentes de e-health (Ver Figura 3). Los países que contestaron "no" a esta pregunta, pueden todavía tener algún tipo de sistema EHR utilizado en instalaciones locales o regionales, pero la cobertura no es nacional.

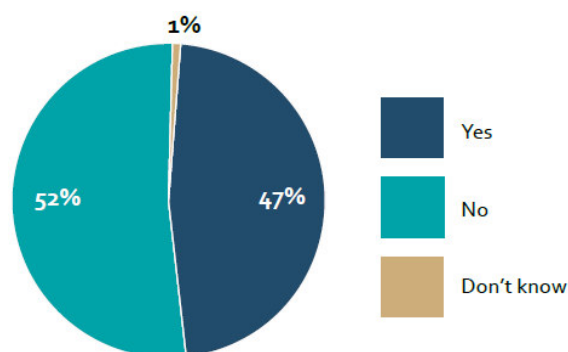


Figura 3: Porcentaje de países que respondieron con un sistema nacional de EHR. [WHO 2016]

⁶ EHR: Electronic Health Record (Registro Electrónico de Salud)

Cuando los grupos de ingresos del Banco Mundial lo analizan, la implementación de sistemas de EHR es más alta en los países más ricos, con dos tercios (66%, n = 21) en el grupo de ingresos medio alto. Después, la mitad de los países de ingresos altos lo tienen (52%, n = 23) mientras que un tercio de los países de ingresos mediano bajo (35%, n = 10) y 15% de los países de bajos ingresos (n = 3) informaron haberlos implementado (Ver Figura 4).

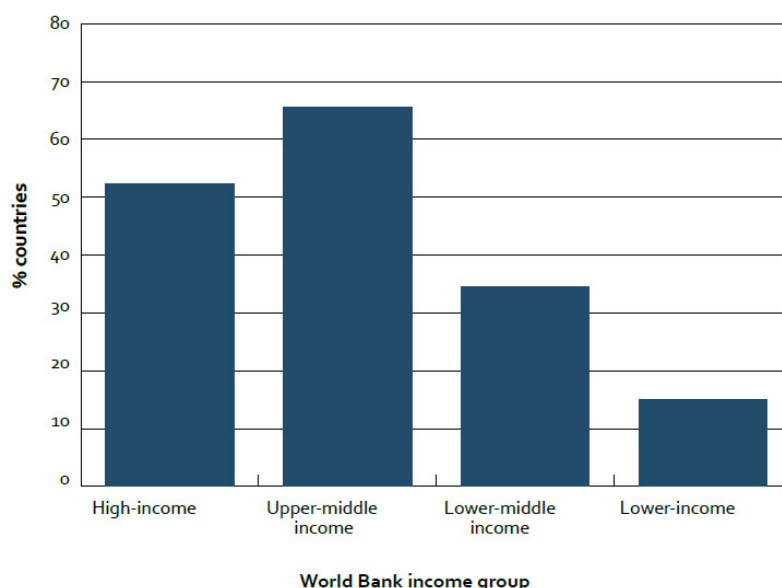


Figura 4: Porcentaje de países con un sistema nacional de HME, según el grupo de ingresos del Banco Mundial. [WHO 2016]

Es más probable que los países del grupo de ingresos medios altos, desarrollen sistemas EHR respaldados por fondos públicos. Los números para los países de ingresos medio y bajo son bajos, y sólo tres países de bajos ingresos informan que tienen un sistema nacional de EHR (Ver Figura 4).

Una de las principales razones de la lenta adopción de los EHR, en los países más pobres, es probablemente la financiación que también se ha identificado como una barrera importante en la encuesta. Sin embargo, es más probable que los países más pobres tengan infraestructuras y tecnologías de salud menos desarrolladas para apoyar los sistemas EHR. Así como carecer de capacidad y recursos humanos, necesarios para desarrollar y mantener sistemas tan complejos.

En los últimos 15 años ha habido un aumento constante en la adopción de sistemas nacionales EHR (Ver Figura 5), con un aumento del 46% en los últimos cinco años (2010-

2015). No todos los países informaron su año de adopción, ya que la encuesta no estaba clara si el "año de adopción" se refería al año en que se inició o completó el sistema EHR.

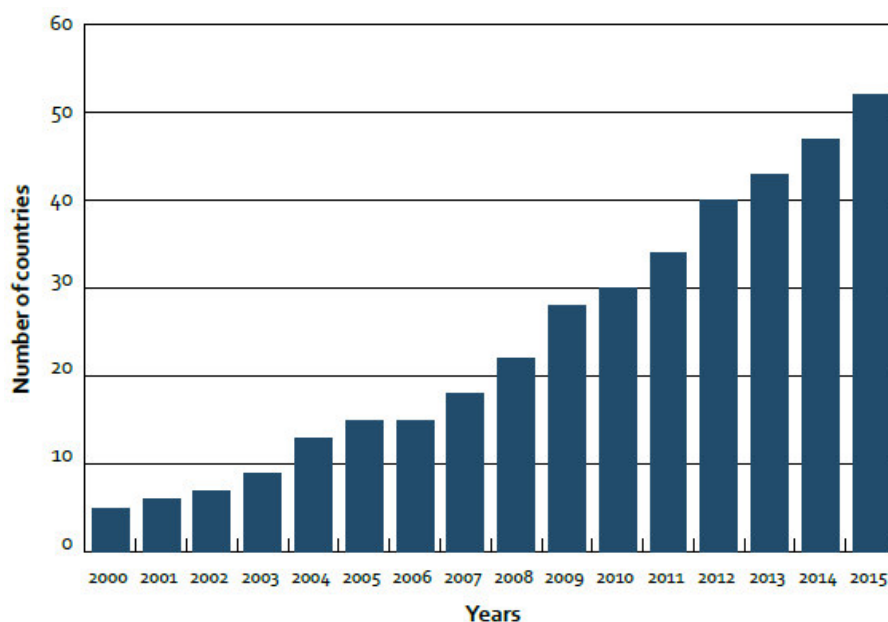


Figura 5: Países con sistema nacional EHR, acumulativamente por año de adopción (2000-2015) [WHO 2016]

Por otro lado, la UNMSM será sede de los XVIII Juegos Panamericanos 2019 [UNMSM 2016] y la clínica atenderá a todos los deportistas participantes del evento. La SUNEDU⁷ según la ley universitaria N°30220 [Ley 2014] para el licenciamiento de universidades se verificara los servicios educacionales complementarios básicos, entre ellos el servicio médico.

1.4 Motivación del problema

Existen muchos proyectos realizados por los alumnos de la misma universidad sobre la implementación de un sistema para la clínica universitaria, pero ninguno ha podido ser desplegado y usado por los usuarios interesados de la clínica. Sin embargo, en el 2016 CENPRO – FISI presento una propuesta de desarrollo de software con una arquitectura monolítica.

⁷ SUNEDU: Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo principal.

Desarrollar un software como servicio usando una arquitectura de microservicios para mejorar la gestión de procesos de servicio médico para la Clínica Universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Mejorar el proceso de diagnóstico en el examen médico mediante algoritmos que se basan en rangos y restricciones propuestos por la OMS y otros trabajos de investigación. El cálculo para saber en qué estado se encuentra el paciente será en tiempo real.
- Mejorar la interoperabilidad entre las áreas médicas Medicina General, Laboratorio, Radiología y Psicología mediante el desarrollo de un módulo Examen Médico. En cada examen por registrar, se mostrara los estados de otros exámenes pendientes y finalizados del paciente en tiempo real; de acuerdo a esto se tendrá a disposición la consulta de cada examen.
- Mejorar la oportunidad de consulta de historias clínicas y exámenes médicos, mediante una arquitectura de microservicios que permitirá usar bases de datos relacionales y no relacionales.

1.6 Alcance

El software posee los módulos de Admisión, Exámenes Médicos e Historia Clínica. Debido a la escalabilidad y flexibilidad que brinda la arquitectura de microservicios, puede adaptarse para otros centros de salud y soportar el aumento de más funcionalidades. Además, los despliegues de los proyectos back-end y front-end se hicieron en diferentes plataformas en nube.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo definiremos los conceptos relacionados los servicios de atención médica usando cloud computing, con el fin de obtener un mejor entendimiento de la propuesta. También utilizaremos algunas abreviaturas y términos en ingles con el fin de mantener compatibilidad de referencias.

2.1 Cloud Computing

Es la quinta generación de computación [Padhy+ 2012] donde comenzó con mainframes centralizados, computación personal, computación cliente-servidor, sistemas basados en web, y recientemente Cloud Computing que pretende ser una tendencia global. Cloud Computing tiene que ver con el hosting y la prestación de servicios bajo demanda a través de Internet [Noura+ 2015]. Esta característica atrae la mayor parte de las partes interesadas.

Cloud Computing es un tipo de sistema paralelo y distribuido que consiste en una colección de computadoras interconectadas y virtualizadas; que se proporcionan dinámicamente y se presentan como uno o más recursos de computación unificada, basados en acuerdos establecidos a nivel de servicio mediante de la negociación entre proveedor de servicios y los consumidores [Buyya+ 2008]. Otra definición, NIST⁸ [Mell+ 2009]: "Cloud Computing es un modelo para permitir conveniente, acceso de redes bajo demanda a un conjunto compartido de recursos configurables de computación que pueden ser rápidamente abastecidos y liberados con un esfuerzo mínimo de gestión además de la interacción de servicio proveedor".

Cloud computing tiene tres modelos famosos principales (Ver figura 6): Software como servicio (SaaS), Plataforma como servicio (PaaS) e Infraestructura como servicio (IaaS) [Padhy+ 2012], [Buyya+ 2008] and [Mell+ 2009]

1) Infraestructura como Servicio (IaaS) ofrece el abastecimiento bajo demanda de recursos infraestructurales como infraestructuras lógicas, máquinas virtuales o infraestructura física como procesadores, almacenamiento y acceso de red. Los consumidores reciben una factura por pago. Por ejemplo, Amazon S3⁹ donde los clientes pagan por la capacidad

⁸ NIST: National Institute of Standards & Technology. Fuente <https://www.nist.gov/> (Consultado 14 Abril 2017)

⁹ Amazon S3: Amazon Simple Storage Services, disponible en <http://aws.amazon.com/s3/> (Consultado 25 Enero 2017)

utilizada de almacenamiento y Amazon EC2¹⁰ donde los clientes utilizan recursos de computación y pagan por hora.

2) La plataforma como servicio (PaaS) proporciona recursos de plataforma que incluyen sistemas operativos y frameworks de desarrollo de software que permiten a los usuarios a desarrollar sus propias aplicaciones en nube sobre la atención de salud. Ejemplos de proveedores de PaaS: Google App Engine¹¹, Microsoft Windows Azure¹² y Force¹³.

3) Software as a Service (SaaS) se refiere a proporcionar aplicaciones de bajo demanda a través de internet. El proveedor de nube posee las aplicaciones y los usuarios pagan una cuota fija de suscripción. Ejemplos de proveedores de SaaS: Dell Unified Clinical Archive¹⁴, MIMcloud¹⁵ y PicomCloud¹⁶.

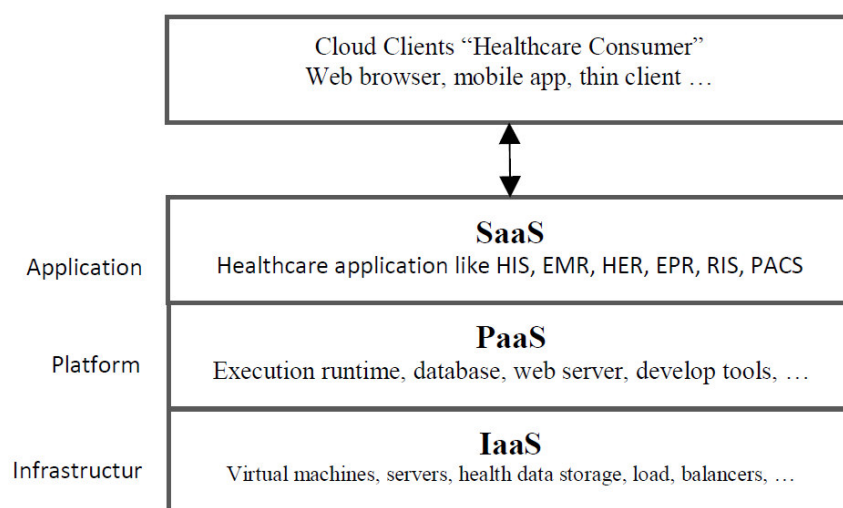


Figura 6: Servicios en nube para la atención de salud. [Noura+ 2015]

¹⁰ Amazon EC2: Amazon Elastic Compute Cloud, disponible en <http://aws.amazon.com/ec2/> (Consultado 25 Enero 2017)

¹¹ Google App Engine, disponible en <https://cloud.google.com/appengine/docs/?csw=1> (Consultado 25 Enero 2017)

¹² Microsoft Windows Azure, disponible en <https://azure.microsoft.com/en-us/?b=17.05> (Consultado 25 Enero 2017)

¹³ Force, disponible en <https://salesforce.com/products/platform/overview/> (Consultado 25 Enero 2017)

¹⁴ Dell Unified Clinical Archive, disponible en <https://dell.com/learn/us/en/70/healthcare-medicalarchiving> (Consultado 25 Enero)

¹⁵ MIMcloud, disponible en <https://training.mimsoftware.com/about/mimcloud20> (Consultado 25 Enero 2017)

¹⁶ PicomCloud, disponible en <https://picomcloud.com/default.aspx> (Consultado 25 Enero 2017)

2.2 E-Health

El término "e-Health" o "salud electrónica" integra un conjunto de conceptos, incluyendo los procesos de salud y la información, la tecnología y el comercio [Oh+ 2005]. E-Health se refiere a la atención de salud como un proceso más que como un resultado. WHO¹⁷ lo define como "e-Health es el uso económico y seguro de las TI¹⁸ en apoyo a los campos relacionados a la salud, incluyendo servicios de atención de salud, inspección, literatura, educación, conocimiento e investigación relacionados a la salud" [WHO 2016]. Asimismo, la Comisión Europea define e-Health de manera muy general como "El uso de tecnologías modernas de información y comunicación para satisfacer las necesidades de los ciudadanos, pacientes, profesionales de salud, proveedores de atención de salud tanto como responsables políticos". Norman el Skinner [Norman+ 2006] define e-Health como "El concepto de alfabetización en e-Health es introducido y definido como la capacidad de buscar, encontrar, comprender y evaluar la información de salud desde fuentes electrónicas; y aplicar los conocimientos adquiridos para abordar o resolver un problema de salud". El informe del grupo de trabajo de la Comisión Europea sobre el e-Health describe el término e-Health como una colección de las siguientes cuatro categorías interrelacionadas [Ehi2 2014] (Ver Figura 7):

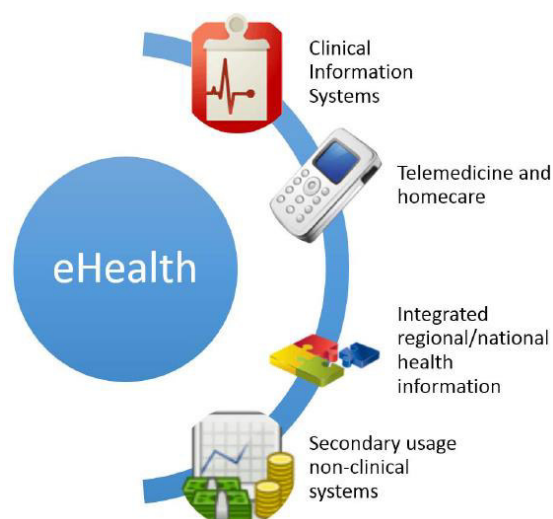


Figura 7: Tipos de salud electrónica. [Noura+ 2015]

¹⁷ WHO: World Health Organization (Organización Mundial de la Salud). Fuente <http://www.who.int/en/> (Consultado 14 Abril 2017)

¹⁸ TI: Tecnologías de Información. Fuente http://computingcareers.acm.org/?page_id=7 (Consultado 14 Abril 2017)

1) *Sistemas de Información Clínica*, se describen como herramientas especializadas para profesionales de atención de médica dentro de instituciones de atención (por ejemplo, hospitales) o herramientas para atención primaria y/o para instituciones de atención externa. Ejemplos de herramientas especializadas son Sistemas de Información de Radiología, Sistemas de Información de Enfermería, Imágenes Médicas, Diagnóstico Computarizado, Sistemas de Planificación y Capacitación de Cirugía. Además, los sistemas de información de farmacia y médicos generales pueden ser considerados como herramientas para la atención primaria y/o para instituciones de atención externa.

2) *Sistemas de telemedicina y atención domiciliaria*, incluyendo sistemas y servicios de atención médica personalizada, como servicios de gestión de enfermedades, monitoreo remoto de pacientes, tele-consulta, tele-asistencia, tele-medicina y tele-radiología.

3) *Redes regionales/nacionales información médica integrada*, además los sistemas de registro medico electrónico, sistemas distribuidos de registros médicos electrónicos, sistemas de registro medico asociado y los servicios asociados como recetas o referencias electrónicas.

4) *Sistemas no clínicos de uso secundario* que consisten en tres categorías. La primera categoría son los sistemas para de educación y promoción de salud. La segunda son los sistemas especializados para investigadores, análisis y recopilación de datos de salud pública. Estos son los sistemas que soportan los procesos clínicos pero no son utilizados directamente por los pacientes o profesionales de atención médica.

La letra "e" en e-Health no sólo significa "electrónico", sino que implica una serie de otros significados como por ejemplo [Eysenbach 2001]:

- ✓ *Eficiencia*: aumentar la eficiencia en la atención médica significa disminuir los costos y los esfuerzos eliminando los diagnósticos duplicados/superpuestos o innecesarios, mejorando así la comunicación entre pacientes y profesionales de atención médica.
- ✓ *Mejorar la calidad de la atención* al permitir comparaciones entre diferentes proveedores y guiando pacientes a los mejores proveedores de calidad.
- ✓ La eficacia y la eficiencia basadas en la *evidencia* no serían asumidas sino confirmadas por una evaluación científica rigurosa.
- ✓ *Empoderamiento* de consumidores y pacientes haciendo las bases de conocimiento de medicina y registros personales electrónicos accesibles mediante internet.

- ✓ *Fomentación* de nuevas relaciones entre pacientes y profesionales atención médica donde las decisiones son compartidas.
- ✓ *Educación* de profesionales de atención médica a través de fuentes online.
- ✓ *Permitir* el intercambio de información y comunicación de manera estandarizada.
- ✓ *Extender* la oportunidad de atención medica más allá de sus límites convencionales.
- ✓ *Ética*: E-Health involucra nuevos tipos de interacción médico-paciente y trae nuevos desafíos y amenazas para la privacidad y cuestiones éticas.
- ✓ *Equidad*: hacer la atención médica más equitativa es una de las promesas de e-health

2.3 Electronic Medical Record (EMR)

[Alliance+ 2008]

Traducido como Registro Electrónico Médico. En cada encuentro individual de atención médica, los médicos tienen la necesidad y la responsabilidad de recopilar, recuperar y analizar datos en el transcurso de su atención al paciente. Con el avance de tecnologías para la atención médica, el EMR ha llegado a representar la versión digital de un gráfico de papel del paciente dentro de un entorno clínico, ya sea en consultorios médicos, hospitales u otros centros de atención donde se documentan estas actividades. Se espera que la información contenida en una EMR se mantenga de manera segura y proteja la confidencialidad de la información del individuo.

Además de crear, almacenar y compartir información desde la organización de atención médica a la que sirve, una EMR puede transmitir y recibir información relacionada con la salud, desde y para fuentes externas. Sin embargo, no tiene la capacidad inherente de utilizar estándares reconocidos de interoperabilidad a nivel nacional para enviar y recibir, a diferencia de una EHR¹⁹. Existen muchas opciones para enviar y recibir por medios propietarios: un laboratorio que emite los resultados de las pruebas a una computadora designada de un proveedor. Por ejemplo, una interfaz de datos que permite a un hospital reportar un brote de enfermedad a un departamento de salud. La información también se puede introducir manualmente o escanear desde faxes, mensajes telefónicos o informes basados en papel. Varias funcionalidades pueden permitir que un EMR agregue puntos de

¹⁹ EHR: Electronic Health Record (Registro Electrónico de Salud)

datos que se han introducido, pero no se aprovechan las ventajas de los datos interoperables basados en estándares.

2.4 Personal Health Record (PHR)

[Alliance+ 2008]

Traducido como Registro Personal de Salud. La creciente importancia de la participación de las personas en sus propias actividades de cuidado y bienestar, es el ímpetu detrás de la visión para los PHR. Al habilitar y alentar a las personas a involucrarse más en su salud, cuidando y proporcionando los medios para documentar, rastrear y evaluar sus condiciones de salud, un PHR puede conducir a decisiones más informadas sobre el cuidado de la salud, el estado de mejora de salud personal; y por ultimo costos reducidos, calidad mejorada de la atención médica.

Las manifestaciones actuales y en gran parte rudimentarias de lo que algunos llaman PHRs en forma electrónica, comienzan a abordar objetivos personales de gestión de salud, proporcionando cierta información sobre los servicios de atención médica y permitiendo a personas a ingresar información. Sin embargo, los PHRs tienen el potencial de ser una fuente robusta, mejor montada y fuentes más organizadas de información clínica y bienestar para un nivel mejorado de decisiones clínicas, de salud y bienestar. El resultado esperado es un cuadro completo de la salud de un individuo que se extiende más allá del cuidado proporcionado por el sistema de entrega. Dado el carácter longitudinal de un PHR, el período de tiempo para esta información podría concebiblemente ser tan largo como "cuna a la tumba".

2.5 Electronic Health Record (EHR)

[Alliance+ 2008]

Traducido como Registro Electrónico de Salud. El EHR es el foco de esfuerzos en toda la industria de salud para emplear la información disponible más completa para informar mejor al proceso de atención. La definición reconoce que la información relacionada con la salud de un paciente está disponible en múltiples ubicaciones y sistemas. Y que si se presenta a través de una interfaz común y fácil de usar, esta información puede mejorar la capacidad del personal clínico para apoyar el mejor diagnóstico posible, tratamientos, decisiones de gestión de salud para la persona.

La capacidad de agregar información completa, ya sea físicamente dentro de un registro o virtualmente desde registros en múltiples ubicaciones, es actualmente limitada. Las normas técnicas y los vocabularios comunes para los términos médicos todavía no se han acordado y mucho menos implementado para muchos tipos diferentes de datos procedentes de diversas fuentes. El potencial para digitalizar la información y así ponerla a disposición de todos los involucrados en la atención médica, mejorará con el tiempo; en línea con el progreso en la interoperabilidad de la información y el aumento de la adopción de los EHRs dentro del sistema de prestación. A continuación se muestra la composición general de un EHR (Ver Figura 8).

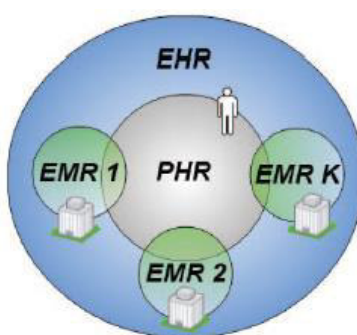


Figura 8: Composición de la EHR. [Alliance+ 2008]

También mostramos la diferencia entre los términos EMR, EHR y PHR. (Ver Figura 9)

Electronic Medical Record	Electronic Health Record	Personal Health Record
An electronic record of health-related information on an individual that can be created, gathered, managed, and consulted by authorized clinicians and staff within one health care organization.	An electronic record of health-related information on an individual that conforms to nationally recognized interoperability standards and that can be created, managed, and consulted by authorized clinicians and staff across more than one health care organization.	An electronic record of health-related information on an individual that conforms to nationally recognized interoperability standards and that can be drawn from multiple sources while being managed, shared, and controlled by the individual.

Figura 9: Definiciones de términos de registros electrónicos. [Alliance+ 2008]

2.6 eHealth-as-a-Service (eHaaS)

Organizaciones de atención de salud deben reevaluar los límites tradicionales debido a la complejidad de las tecnologías e-Health necesarias para la colaboración y cocreación [Limburg+ 2011]. EHealth-as-a-Service (eHaaS) ofrece una construcción alternativa centrada en stakeholders, que establece el registro de salud controlado personalmente como la piedra angular de un marco holístico de e-health 'como servicio'; donde unifica los

datos longitudinales de los pacientes procedentes de fuentes dispares [Shane+ 2014]. Los bloques de construcción de un sistema e-health (PHR, EMR y EHR), son encapsulados en el marco eHaaS con las interconexiones que comprenden el comportamiento humano y el flujo de información de una consideración de principio de diseño [Sahama+ 2013]. Como proposiciones clave de valor, el enriquecimiento de datos, la cocreación y el descubrimiento; requieren de una plataforma que fomentara la cooperación y la colaboración a través de los límites de organización como lo demuestran las plataformas de medios sociales. A continuación se muestra un posicionamiento del modelo centrado en los stakeholders donde el EHR está en el lugar de un ecosistema de información basado en datos (Ver Figura 10).

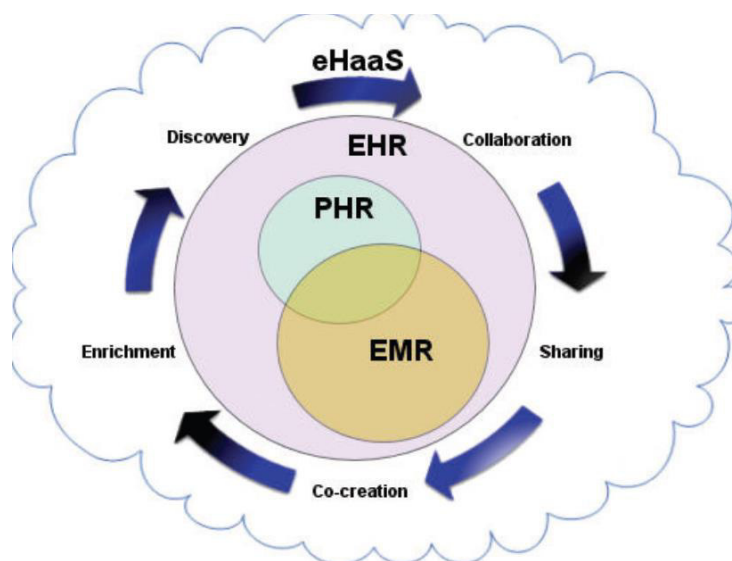


Figura 10: Modelo centrado en los stakeholders. [Shane+ 2014]

El consenso en la literatura postula que un desafío significativo para la entrega de programas a gran escala es "un tamaño que no sirve para todos" [Eason+ 2012] [Waterson 2013]. Por esta razón, los autores sostienen que las construcciones Cloud Computing, específicamente Software-as-a-Service (SaaS), a menudo incluyen servicios de hosting e infraestructura y que es reconocida por su eficacia en otros dominios, pueden ser observadas exitosamente en configuraciones de atención médica. En términos sencillos, eHaaS establecerá una capacidad escalable y de bajo costo para la entrega de modelos de servicio; diseñados para requerimientos individuales de stakeholder como una extensión del banco de registro de salud, modelo propuesto por Yasnoff [Yasnoff+ 2013].

El núcleo arquitectónico de eHaaS aprovecha los conceptos de Cloud Computing, API y una plataforma basada en SOA²⁰ para ofrecer una rica funcionalidad necesaria para soportar complejos flujos de trabajo multidisciplinarios. Del mismo modo, la creciente mercantilización de los datos requiere una consolidación de servicios en nube que proporcionen un acceso continuo y eficiente a la información médica desde múltiples plataformas en cualquier momento y desde cualquier lugar.

Sin embargo, los servicios deben ajustarse a los requisitos operativos en orden para crear valor específico a las necesidades individuales de los stakeholders. A nivel operacional, eHaaS ofrece un marco para la identificación de modelos de servicios que facilitarán la creación de valor, colaboración y apoyo de decisión mediante la continua atención. En este contexto, la oportunidad de abordar diversas perspectivas inherentes a programas de e-health e ilustrar el potencial para la colaboración y cocreación aprovechando eHaaS (Ver Figura 11)

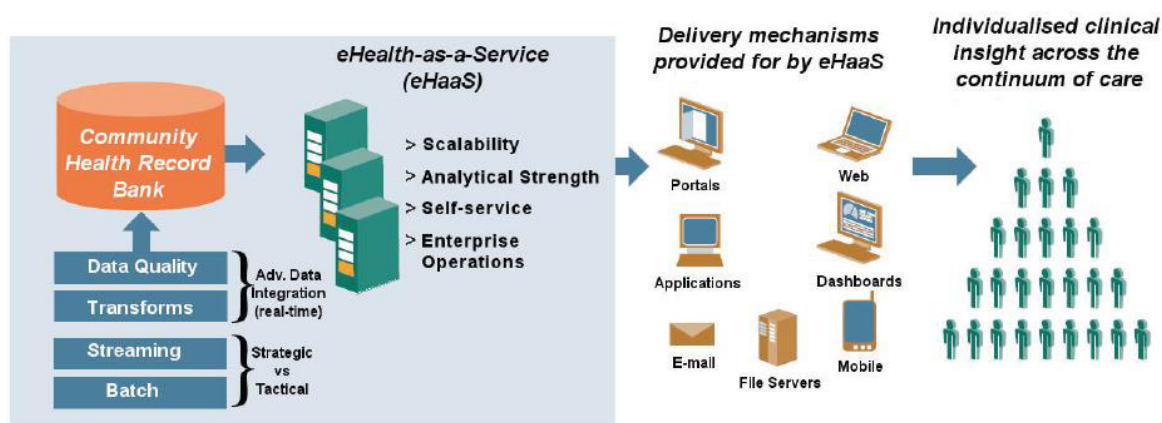


Figura 11: Modelo Conceptual eHaaS. [Shane+ 2014]

El corolario de esto es la industrialización de la informática sobre salud con la adopción de un enfoque estandarizado para la entrega de productos y competencias importantes de e-health. WHO ha elaborado un conjunto de herramientas de Estrategia Nacional E-Health para apoyar una colaboración entre sectores de salud y las TIC [WHO 2012]. El objetivo de este programa de investigación es que el conjunto de herramientas de WHO identifique un conjunto de aplicaciones y capacidades e-health, que son comunes mediante fronteras internacionales, y pueden ser fortalecidas a través de la implementación de un enfoque eHaaS. Paralelamente, se obtendrán beneficios adicionales dentro de un entorno adaptable

²⁰ SOA: Service Oriented Architecture (Arquitectura Orientada a Servicios). Fuente <https://martinfowler.com/bliki/ServiceOrientedAmbiguity.html> (Consultado 14 Abril 2017)

de PaaS; que promueve el desarrollo de intervenciones individualizadas e-health, aprovechando componentes y procesos estandarizados. Los responsables y líderes de la atención médica se encuentran posicionados únicamente dentro de una convergencia de modelos de capacidad de madurez y tecnología relevante para avanzar en la integración tecnológica en atención médica.

2.7 Health Level Seven (HL7)

[HL7 2017]

Traducido como Nivel Siete de Salud, fue fundada en 1987 y es una organización de desarrollo de estándares sin fines de lucro, acreditada por ANSI²¹. Dedicada a proveer un marco integral y normas relacionadas para el intercambio, integración, compartición y recuperación de la información electrónica de salud que apoya la práctica clínica, gestión, ejecución y evaluación de los servicios de salud. HL7 es apoyada por más de 1.600 miembros de más de 50 países, incluyendo más de 500 miembros corporativos que representan a los profesionales de salud, las partes interesadas del gobierno, contribuyentes, empresas farmacéuticas, vendedores/proveedores y empresas de consultoría.

2.8 Health Record Banking (HRB)

[Gold+ 2007]

Traducido como Banca de Registro de Salud. Los objetivos del sistema HRB son los intercambios de información de salud y enfocarse en un medio para la independencia financiera y un mecanismo para fomentar la investigación médica. Estos objetivos incluyen el acceso ininterrumpido a los registros de pacientes, el mantenimiento de los derechos del consumidor para controlar sus datos personales de salud, y la provisión de un medio para almacenar todos los EHRs y datos en repositorios a prueba de fallos, fácilmente accesibles, seguros y restringidos.

Además, el sistema HRB debe avanzar en las necesidades de información más amplias del proveedor de atención médica en el tratamiento del paciente, promover un ambiente propicio para el descubrimiento del conocimiento a través de la investigación poblacional; y

²¹ ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares). Fuente <https://www.ansi.org/> (Consultado 14 Abril 2017)

realizar un sistema independiente sostenible enfocado en el almacenamiento de seguridad y entrega de datos de salud, mientras proporciona un sólido y racional caso de negocios.

El sistema HRB ordena y coloca los datos en diferentes cuentas según el tipo. Los datos basados en texto (por ejemplo, las notas de los cuidadores, los informes de laboratorio y los datos genómicos) se depositan en un tipo de cuenta y un segundo tipo de cuenta incluye todos los datos de imágenes digitales, dispositivos audiovisuales/monitorización y datos de imágenes de patología.

El sistema HRB arrenda el acceso a los datos identificados en los bancos de datos a través de un "intercambio de datos de la asociación bancaria" (Ver Figura 12).

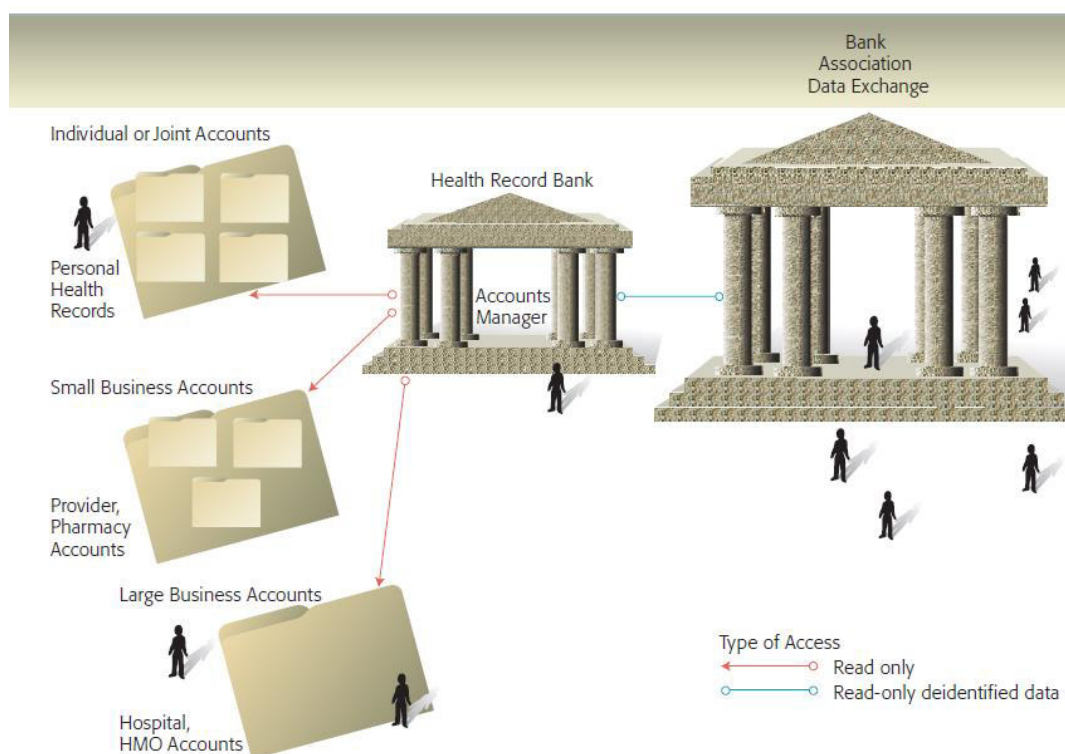


Figura 12: Compartiendo datos entre el banco de registro de salud y la asociación bancaria.
[Gold+ 2007]

Este intercambio está diseñado para uso de compañías farmacéuticas y médicas, compañías de seguros y agencias gubernamentales (Ver Figura 13). Y sirve como un recurso invaluable para propósitos de investigación.

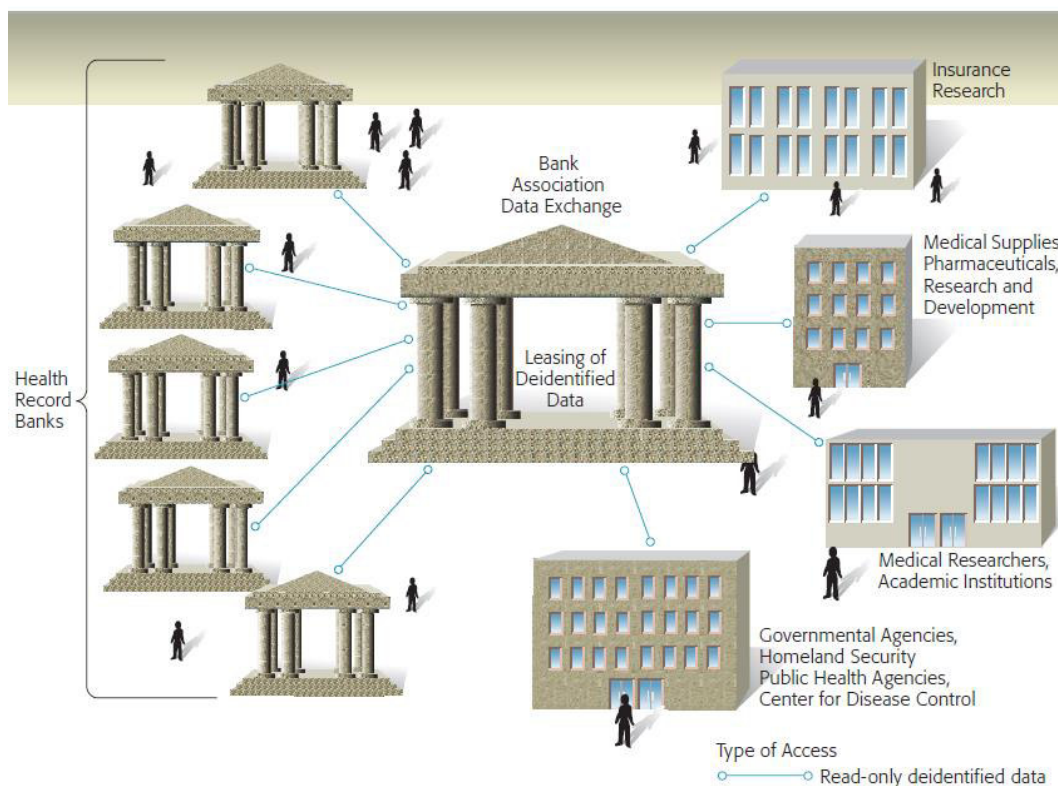


Figura 13: Fuentes de datos de PHR. [Gold+ 2007]

El éxito del modelo de sistema de HRB depende de abordar y resolver estas importantes preocupaciones:

- ✓ Estandarización de la entrada de datos, el intercambio y la interoperabilidad
- ✓ Seguridad de la información y la Ley de Portabilidad y Responsabilidad del Seguro de Salud (HIPAA), esta ley se aplica para Estados Unidos.
- ✓ Flujo de trabajo y transferencia de datos
- ✓ Incentivos empresariales y desarrollo de un modelo bancario
- ✓ Identificación y registro de pacientes
- ✓ Aspectos legales, éticos y legislativos
- ✓ Umbrales de aceptación y aceptación de partes interesadas
- ✓ Estandarización del formato e-PHR y la indexación de registros de salud UMLS²²
- ✓ Diseño arquitectónico
- ✓ Determinación de desafíos críticos y secuencia de implementación del proyecto

²² UMLS: Unified Medical Language System (Sistema de Lenguaje Médico Unificado), diseñado y mantenido por US National Library of Medicine. Disponible en <https://www.nlm.nih.gov/research/umls/>

CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo revisaremos trabajos donde se diseñaron y desarrollaron software e-health cloud para la mejora de procesos de atención médica.

3.1 Revisión de la literatura

En esta sección revisaremos los trabajos referidos al diseño y arquitectura de software, estándares de salud, seguridad de información y tecnologías usadas. Con el objetivo de estudiarlas y compararlas. Lo mencionado anteriormente se llevara a cabo respondiendo las siguientes preguntas.

Pregunta 1: ¿Qué características tecnológicas y/o estándares de salud se deben tomar en cuenta para el análisis, diseño y desarrollo de un software e-health cloud?

A continuación describimos los trabajos encontrados en el rango de años 2012 a 2016. (Ver Tabla 1)

Tabla 1: Artículos seleccionados para la elaboración del aporte

Nº	Título	Autor	Año	Fuente
1	Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System	Sumon Biswas, et al.	2014	IEEE 17th International Conference on Computer and Information Technology
2	A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System	Weider D. Yu, et al.	2013	IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services
3	MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System	M. Rodriguez, et al.	2012	IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing
4	Electronic Health Record as an eHaaS: Historia Clínica Electrónica como Servicio de Software en la Nube	L. Bernardo, et al.	2015	Computing Colombian Conference (10CCC) 10th
5	A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs	A. Bahga, et al.	2013	IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics

6	An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System	E. Reddy, et al.	2012	International Symposium on Cloud and Services Computing (ISCOS)
7	Health Cloud – Healthcare As A Service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future	N. John, et al.	2014	International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)
8	Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture	R. Hameed , et al.	2015	The 5th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB

3.2 Trabajos sobre E-Health Cloud

3.2.1 Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System

La arquitectura e-health cloud dividido en tres niveles, propone un marco centrado en el paciente, donde cada paciente tendrá una cuenta con su información básica (Ver Figura 14). Los médicos registrados también tendrán cuentas en e-health cloud. SimpleDB²³ es responsable de almacenar y administrar gran cantidad de EMR en e-health cloud.

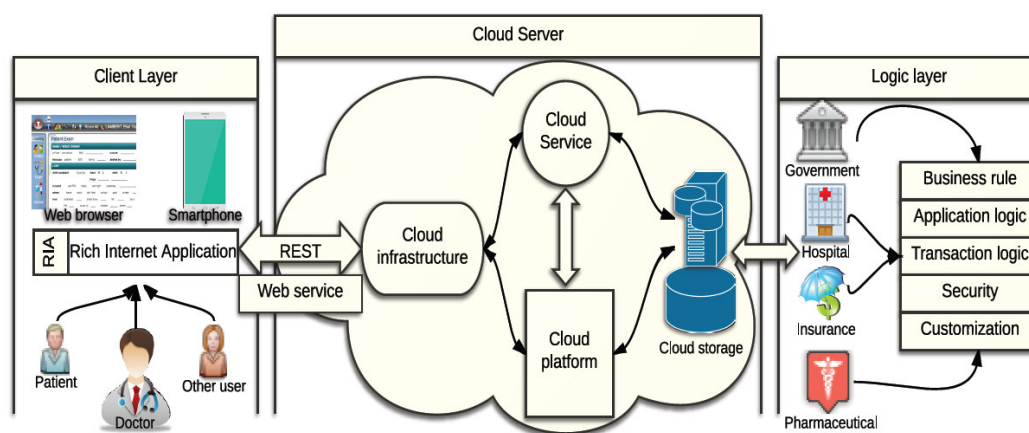


Figura 14: Modelo eHealth Cloud de tres niveles. [Biswas+ 2014]

²³ SimpleDB: Es una base de datos en nube proporcionada por Amazon. Disponible en <https://aws.amazon.com/es/simplydb/> (Consultado 14 Abril 2017)

- ✓ **Aplicación del lado paciente.** El paciente solicita una cita y si la cola de pacientes del doctor no está llena, entonces el paciente recibe la cita. El sistema de citas puede ser manejado a través de SMS de celular. Los pacientes también son capaces de utilizar su identificador para comprar medicamentos o tomar cualquier servicio médico de hospitales o centros médicos. Si el centro médico es permitido por el gobierno, entonces pueden acceder a la EMR y ver la lista de medicamentos, historial médico, pruebas de laboratorio, etc. Esta EMR central puede ser una base de datos de aplicación ubicua, que traerá un gran cambio en la atención médica.
- ✓ **Aplicación del lado médico.** Contiene la información básica del médico con su calificación, institución, especialidad y horario. Si el paciente es nuevo para tratar, el médico abre una cuenta y procede. De lo contrario, el médico va a los detalles del paciente y la información del tratamiento anterior con el identificador del paciente.
- ✓ **Aplicación del lado administrativo.** La receta contiene el diagnóstico, estado de salud actual, pruebas de laboratorio y la lista de medicinas que hará una gran cantidad de repositorio de datos en nube.

En el Anexo 1 se muestra las diferentes categorías para los usuarios y administradores, vista general de la interacción médico-paciente, diagrama de secuencia del e-health cloud y por último la interfaz de generación de receta electrónica en la aplicación del lado administrativo.

Método estándar de intercambio de datos. El EMR crea una capa de servicio en e-health cloud, que sirve a servicios de información médica según la accesibilidad. Las organizaciones de salud serán capaces de construir una red de comunicación basada en HL7. Esta estrategia orientada al servicio hace que el EMR sea potente y utilizable simultáneamente (Ver Figura 15)

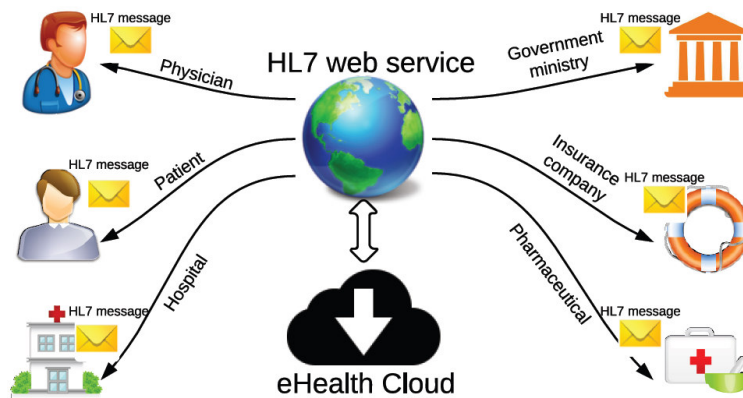


Figura 15: HL7 web services. [Biswas+ 2014]

3.2.2 A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System

El enfoque es diseñar un sistema de almacenamiento distribuido utilizando una combinación de bases de datos RDBMS²⁴ y NoSQL para garantizar un rendimiento óptimo y escalabilidad del sistema. El sistema propuesto de destino es un RIS²⁵ que es un componente del sistema de información de e-health. Se comprende de grandes cantidades de datos estructurados, semi-estructurados y unstructured. El sistema RIS es alojado en una nube híbrida (privada y pública). La nube privada se utiliza para almacenar los datos delicados de los pacientes y la nube pública para almacenar los datos públicos.

Cada vez que el sistema tiene que comunicarse con la base de datos en el privado, la solicitud tiene que pasar a través de la seguridad de nube privada y firewall para conectarse al servidor de almacenamiento (Ver Figura 16). La solicitud se dirige a bases de datos relacionales o NoSQL basadas en el modelo lógico propuesto de administración de datos.

²⁴ RDBMS: Relational Database Management System (Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacional). Fuente https://docs.oracle.com/cd/E11882_01/server.112/e40540/intro.htm#CNCPT958 (Consultado 14 Abril 2017)

²⁵ RIS: Radiology Information System (Sistema de Información de Radiología)

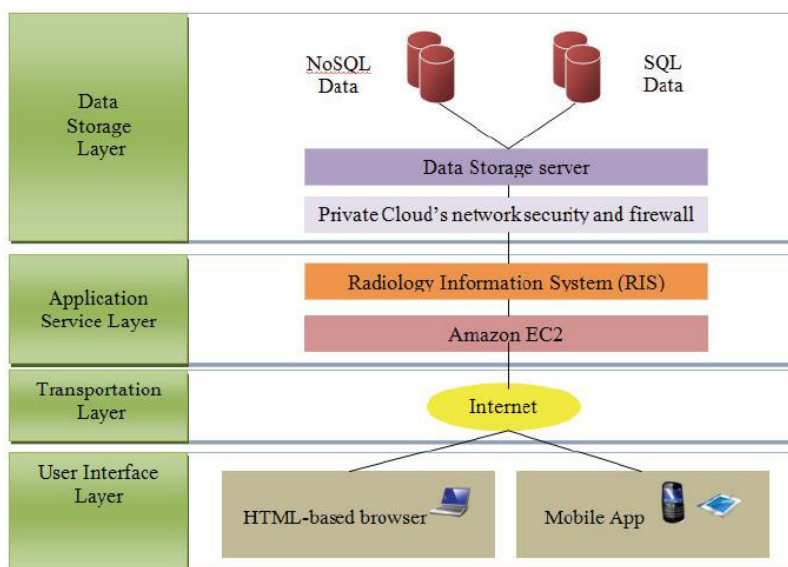


Figura 16: Arquitectura del sistema. [Weider+ 2013]

Comparación entre MongoDB²⁶ y Cassandra²⁷. El autor realiza una comparación con el fin de utilizar la más apta para HIS²⁸ y MongoDB resulto ser escogida (Ver Tabla 2 y Tabla 3)

Tabla 2: Comparación entre MongoDB y Cassandra. [Weider+ 2013]

Properties	Cassandra	MongoDB
Written in	Java	C++
Concept	Wide-column	Document based
API	Cassandra query language	proprietary protocol using JSON
Developer	Apache Software	10gen
Protocol	Custom, Binary(JSON)	Custom, Binary (Thrift)
Secondary indexes	restricted	supports
Server-side scripts	no scripts	JavaScript
Architecture	Selectable replication factor	Master-Slave replication
Best Used	When application needs more writes than reads	Good Performance on large datasets.

²⁶ MongoDB: Es una base de datos NoSQL, diseñada por 10gen en 2009, disponible en <https://www.mongodb.com/es>

²⁷ Cassandra: Es una base de datos NoSQL, inicialmente desarrollada por Facebook, disponible en <http://cassandra.apache.org/>

²⁸ HIS: Healthcare Information Systems (Sistemas de Información de Atención Médica)

Tabla 3: Propiedades soportadas por ambas bases de datos. [Weider+ 2013]

Attributes	Value
Data Scheme	schema-free
SQL	No SQL dependent
Triggers	Not supported
Partitioning methods	Sharding
Map Reduce	yes
Consistency	Eventual Consistency
Concurrency	yes
Durability	yes

Dado que el sistema está dirigido a un número muy grande de clientes, se diseñó dos conjuntos de requisitos. En el Anexo 2 se encuentran estos, uno para los clientes web y el otro para clientes móviles con sus respectivos diagramas de casos de uso. También está la arquitectura detallada en nube.

3.2.3 MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System

MedBook es una plataforma de SaaS, construida sobre tecnologías Open Source para nube y funcionando sobre una plataforma de IaaS. Las aplicaciones de servidor se implementan como una colección de servicios web y las aplicaciones web utilizando Python, Django, PostgreSQL, HBase y el servidor web Apache. MedBook sirve como un punto de integración entre los diversos participantes en el sistema de prestación de atención médica. Los pagadores de servicios de salud, como Medicare y agencias de seguros privados, usan el sistema para recibir solicitudes de facturación, solicitudes de verificación de beneficios, matrículas y solicitudes de autorización para procedimientos, equipos o recetas. Los profesionales de la salud utilizan MedBook para presentar reclamaciones médicas u otras transacciones a los pagadores de atención médica, acceder a la EHR de los pacientes y solicitar autorización para procedimientos médicos o recetas médicas. Los pacientes utilizan MedBook para recibir notificaciones de los pagadores de atención médica acerca de los beneficios, procedimientos pendientes, cobertura disponible y los gastos (Ver Figura 17).

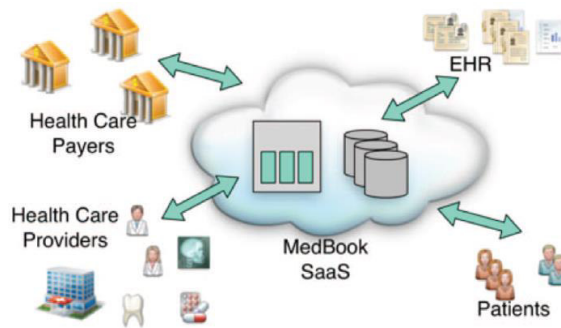


Figura 17: Arquitectura operacional de MedBook. [Rodríguez+ 2012]

MedBook consiste en una serie de servicios web y bases de datos que residen dentro de un IaaS Cloud que mantiene la información sobre la facturación y el historial médico de cada paciente. A continuación se describe los servicios del sistema:

- ✓ **Billing Collector (Colector de facturación).** Este servicio web recibe las solicitudes de facturación de los proveedores de atención médica y las envía a las instancias del servicio de facturación para su validación y procesamiento.
- ✓ **Billing Service (Servicio de facturación).** Este servicio web realiza operaciones de verificación sobre las reclamaciones. Reporta al proveedor de atención médica aquellas afirmaciones que contienen errores u omisiones. El servicio de facturación también recibe notificaciones del pagador de servicios de salud (a través de la pasarela del pagador)
- ✓ **EHR Broker (Intermediario EHR).** Este servicio web se encarga de localizar todas las piezas del EHR de un paciente. El EHR se divide en varias piezas, cada uno manejado por un proveedor de atención médica dado. El intermediario mantiene un índice que asigna cada segmento a una instancia de base de datos particular que lo mantiene. El intermediario EHR puede ser contactado por la aplicación cliente, o por otros servicios como el servicio de facturación o el gateway del pagador.
- ✓ **EHR Service (Servicio EHR).** Este es un servicio web que proporciona operaciones de lectura, escritura y actualización para una colección de los segmentos de EHR.
- ✓ **Payer Gateway (Gateway del pagador).** Este servicio web proporciona el canal de comunicación a los servicios de TI internos utilizados por el pagador de servicios de salud. Este servicio web traduce todas las solicitudes y notificaciones

de los formatos utilizados por MedBook a los formatos nativos utilizados por el pagador de servicios de salud. Por lo tanto, cada pagador tiene una implementación específica de parte del gateway del pagador para realizar esta traducción.

El Billing Collector crea un trabajo de facturación que agrupa las transacciones y las coloca en un sistema de cola de mensajes (por ejemplo RabbitMQ), que se encarga de distribuir el trabajo de facturación a un elemento de Billing Service.

En el Anexo 3 se encuentra una vista general de la arquitectura de los servicios MedBook, el proceso de colas de facturación y el diseño del sistema para el lado cliente.

3.2.4 Electronic Health Record as an eHaaS: Historia Clínica Electrónica como Servicio de Software en la Nube

Se propone el diseño de un Health Catalogue Repository, abreviado como HCR, para la integración de los sistemas de salud y la consolidación de una EHR única, implementando una infraestructura que soporte una PHR como un servicio en nube.

Modelo propuesto del HCR. Se presenta el diagrama de arquitectura de alto nivel del modelo HCR propuesto y sus componentes, los cuales son descritos a continuación. (Ver Figura 18)

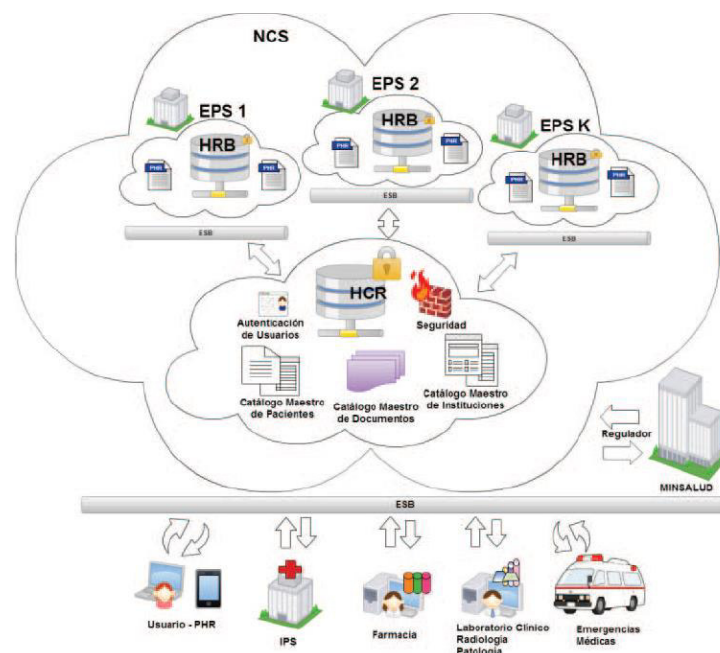


Figura 18: Arquitectura de alto nivel del modelo HCR propuesto. [Bernardo+ 2015]

La Nube Comunitaria en Salud, abreviadamente como NCS. Está conformada por integración de las nubes de servicios de salud de las EPS²⁹, las cuales se encuentran reguladas por la nube central HCR. La NCS posibilita la integración gradual de los registros médicos de las entidades de salud en la PHR de los pacientes. La NCS tiene un crecimiento incremental en la medida que las administradoras de salud habiliten la infraestructura que soporte los HRB, los usuarios administren su PHR y las IPS³⁰ reporten las atenciones de los pacientes mediante el consumo de servicios en la nube

El HCR expone funcionalidades del proceso de atención en salud como servicios y está basada en SOA como arquitectura de referencia. El HCR cuenta con mecanismos de replicación de sus nodos centrales y balanceo de carga para garantizar una alta disponibilidad de los servicios solicitados por los usuarios.

Modelo HRB de las EPS. La información de los registros médicos reposa en los HRB de las EPS que serán encargadas de proporcionar la infraestructura para el almacenamiento de las PHR de sus afiliados.

Servicios del HCR

1. Identificación y autenticación de usuarios: Este servicio utiliza mecanismos de seguridad tales como firmas digitales, medidas biométricas o certificados digitales.
2. Servicios para la gestión del PHR: Estos servicios permiten a los usuarios a los usuarios la autogestión de la información médica (Registro, Consulta y Actualización)
3. Servicios de procesamiento de la información clínica: Los servicios de transformación de la HER en diferentes formatos permiten alcanzar la interoperabilidad de los registros médicos a nivel sintáctico y semántico.
4. Servicios de prescripción de órdenes médicas: Estos servicios facilitan la dispensación desde farmacias autorizadas, eliminando el uso de papel. Este proceso optimiza tiempo y costos de dispensación de medicamentos.
5. Servicios para el registro y consulta de resultados de exámenes diagnósticos: Permiten que las IPS reporten los resultados de procedimientos diagnósticos.

²⁹ EPS: Entidades Prestadoras de Salud, brindan servicios de salud privada a los trabajadores que están afiliados a ellas y complementan la cobertura que brinda EsSalud. Aquí no hay servicio médico, solo administrativo y comercial. Fuente <http://www.pacifico.com.pe/eps> (Consultado 07 Marzo 2017)

³⁰ IPS: Institución Prestadora de Servicios, son todos los centros, clínicas y hospitales donde se prestan los servicios médicos, bien sea de urgencia o consulta. Fuente http://www.elcolombiano.com/historico/eps_ips_pos_el_glosario_de_la_salud-JVEC_95936 (Consultado 07 Marzo 2017)

6. Servicios de notificación. Estos servicios permiten el envío de mensajes de citas y exámenes médicos programados, información de las actividades de promoción y prevención de acuerdo con la edad y sexo del usuario e información de programas especiales para el tratamiento de enfermedades crónicas.
7. Servicios de consulta para análisis de datos: El HCR involucra un gran volumen de datos. Estos datos son de interés en la medida que pueden alimentar procesos de minería de datos.

En el Anexo 4 se encuentra una vista general de los componentes del HRB de las EPS y los beneficios de la propuesta HCR.

3.2.5 A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs

Veterans Health Information Systems and Technology Architecture (VistA) [VistA 2004]. Es el sistema único médico más grande en Estados Unidos, que abastece a una cuarta parte de la población de la nación. La mejora de VistA es el modelo propuesto, llamado Cloud Health Information Systems Technology Architecture (CHISTAR). Esta propuesta transforma la pila tecnológica OpenVistA [Medsphere 2016], este también es una versión mejorada de VistA, para aportar los beneficios de tecnologías de nube. CHISTAR permite la interoperabilidad de datos EHR a través de un motor de integración de datos basado en nube, y la interoperabilidad semántica mediante el uso de modelos de arquetipos. En el Anexo 5 se muestran los siguientes: una comparación entre VA VistA y CHISTAR, las pilas de tecnología para VistA, OpenVista y CHISTAR, y por último la arquitectura en capas del sistema propuesto CHISTAR

La capa de servicios de infraestructura consiste en instancias de nube (para balanceadores de carga, servidores de aplicaciones, nodos maestros y esclavos Hadoop, etc.) en las que se despliega CHISTAR. La capa de servicios de información consta de un motor de integración de datos (que permite integrar datos de múltiples fuentes de datos diferentes en nube), modelos de almacenamiento de datos y conceptos clínicos; y el módulo de gestión de datos. La capa de servicios de la aplicación proporciona diversos servicios tales como servicio EHR, servicio demográfico, servicio de arquetipo y servicio de terminología. La capa de servicios de presentación consiste en aplicaciones inteligentes conectadas de atención médica (basadas en web y móviles).

Los principales principios de diseño de CHISTAR se describen de la siguiente manera:

- ✓ **Interoperabilidad semántica.** Se logra esto usando un enfoque de diseño genérico. CHISTAR utiliza un enfoque de modelado de dos niveles que separa los datos del conocimiento clínico como se muestra en el Anexo 5. El modelo de almacenamiento de datos define las entidades para el almacenamiento de datos y representa la semántica del almacenamiento de datos. El modelo de arquetipo define los conceptos clínicos. El modelo arquetipo representa las estructuras y restricciones a nivel de dominio sobre las estructuras de datos genéricas definidas por el modelo de almacenamiento de datos. CHISTAR amplía y adapta los tipos de datos HL7 v3.0 y OpenEHR [OpenEHR 2017]. En el Anexo 5 se muestra un ejemplo de una implementación de unos tipos de dato CHISTAR (CV QUANTITY) que se especifica en el modelo de referencia.
- ✓ **Integración de datos.** En el Anexo 5 se muestran los siguientes: enfoque propuesto que se basa en Hadoop MapReduce Framework³¹, arquitectura de almacenamiento de datos EHR Cloud de CHISTAR, y por último la arquitectura del motor de integración de datos CHISTAR que proporciona interoperabilidad con diferentes sistemas de información de salud.
- ✓ **Seguridad.** CHISTAR aborda los requisitos clave de HIPAA³² y HITECH³³, como se resume en el Anexo 5. CHISTAR adopta la arquitectura de referencia de CSA³⁴ y TCI³⁵.
- ✓ **Arquitectura basada en componentes.** En el Anexo 5 muestra un ejemplo del modelo de componentes de nube para una aplicación EHR. Los bloques de la figura muestran componentes individuales de la aplicación que realizan funciones específicas. Cada componente de la aplicación en nube, se caracteriza por la función realizada y el tipo de recursos de nube requeridos.
- ✓ **Evaluación.** Se desplega CHISTAR en la infraestructura de Amazon EC2. En el Anexo 5 se muestra la arquitectura de despliegue de CHISTAR. En esta implementación, el nivel 1 consta de servidores web y balanceadores de carga, el

³¹ Hadoop MapReduce Framework: Fuente <https://hadoop.apache.org/docs/r2.7.2/hadoop-mapreduce-client/hadoop-mapreduce-client-core/MapReduceTutorial.html> (Consultado 11 Marzo 2017)

³² HIPAA: Health Insurance Portability and Accountability Act (Ley de Responsabilidad y Portabilidad del Seguro de Salud), se aplica en Estados Unidos. Fuente <http://www.hipaa.com/about/> (Consultado 11 Marzo 2017)

³³ HITECH: Health Information Technology for Economic and Clinical Health Act (Ley de Tecnología de la Salud para la Salud Económica y Clínica), esta ley se aplica en Estados Unidos. Fuente <http://searchhealthit.techtarget.com/definition/HITECH-Act> (Consultado 11 Marzo 2017)

³⁴ CSA: Cloud Security Alliance (Alianza de Seguridad en la Nube). Fuente <https://cloudsecurityalliance.org/> (Consultado 11 Marzo 2017)

³⁵ TCI: Trusted Cloud Initiative (Iniciativa de Nube de Confianza). Fuente https://cloudsecurityalliance.org/wp-content/uploads/2011/10/TCI_Whitepaper.pdf (Consultado 11 Marzo 2017)

nivel 2 consiste en servidores de aplicaciones y el nivel 3 consiste en una infraestructura de procesamiento por lotes distribuida basada en nube, tal como Hadoop. HBase³⁶ se utiliza para la capa de base de datos. También se utilizó Amazon SQS³⁷ para colas de mensajes entre varios componentes de CHISTAR. Para almacenar el estado intermedio, se utilizó Amazon SimpleDB como la base de datos de estado. Los componentes CHISTAR se comunican de forma asíncrona utilizando las colas de mensajes SQS y almacenan el estado externamente en SimpleDB. Con el fin de evaluar la escalabilidad de CHISTAR, hemos realizado una serie de experimentos con conjuntos de datos muy grandes (hasta 1.000.000 de salud de los pacientes registros). Los datos de registro de pacientes utilizados para los experimentos consistieron en problemas diagnosticados, medicamentos, signos vitales entre otros para los pacientes. En el Anexo 5 se muestra el tiempo de respuesta promedio de la aplicación CHISTAR para cuatro configuraciones de despliegue diferentes y un número variable de registros de salud del paciente. Los resultados mostrados en el Anexo 5 se obtuvieron con 100 usuarios accediendo a la aplicación CHISTAR simultáneamente. Observamos que el tiempo de respuesta aumenta a medida que aumenta el número de registros. En el Anexo 5 también se muestra el tiempo de respuesta promedio de la aplicación CHISTAR para cuatro configuraciones diferentes pero ahora con un número variable de usuarios simultáneos. Los resultados se obtuvieron con 10000 registros de salud del paciente. Con el aumento del número de usuarios, la media de la tasa de llegada de solicitudes aumenta, puesto que CHISTAR ofrece un mayor número de solicitudes por segundo, por lo que se observa un aumento en el tiempo de respuesta.

3.2.6 An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System

Se propone un cloud framework para Healthcare Monitoring System (CHMS). A continuación se ilustra su funcionamiento (Ver Figura 19). Esta propuesta representa al paciente equipado con dispositivos inalámbricos de monitoreo de la salud, que son capaces de recolectar los datos de los pacientes y comunicarlos al Tele Medicine Center (abreviado como TMC) a través de Internet. El CHMS involucra diferentes componentes como módulo de adquisición de datos/solicitud de paciente, módulo de comunicación,

³⁶ HBase: Base de datos de Hadoop. Fuente <http://hbase.apache.org/> (Consultado 11 Marzo 2017)

³⁷ Amazon SQS: Amazon Simple Queuing Service. Fuente <https://aws.amazon.com/es/sqs/> (Consultado 11 Marzo 2017)

módulo de TMC, módulo de Emergency Health Care (abreviado EHC), módulo de Multi Specialty Hospitals (abreviado como MSH).

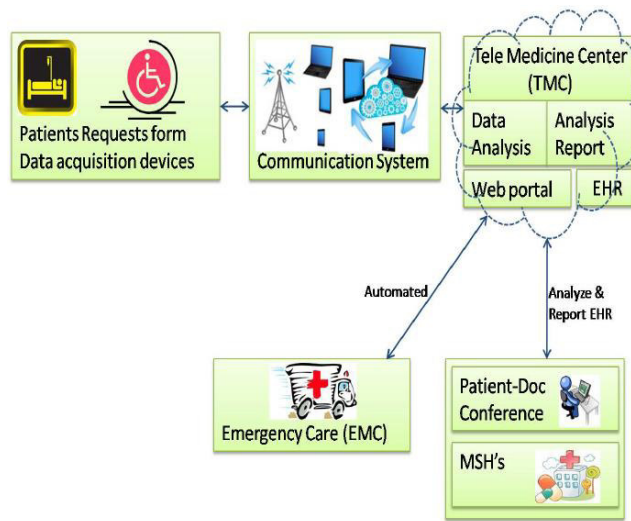


Figura 19: Cloud Framework propuesto para CHMS. [Reddy+ 2012]

Los pasos implicados en el trabajo del CHMS consisten en:

- ✓ Los datos del paciente son recogidos y comunicados por los dispositivos de monitorización de la salud de los pacientes equipados con el paciente. Este proceso es manejado por el módulo de adquisición de datos.
- ✓ El módulo de comunicación transfiere los datos del paciente recopilados por los dispositivos de adquisición de datos a TMC.
- ✓ TMC analiza los datos del paciente realizando varios cálculos sobre los datos recibidos, tomando la referencia de datos demográficos e históricos del paciente existente.
- ✓ TMC mantiene el EHR del paciente en su almacenamiento en nube.
- ✓ TMC proporciona un portal web.

El modelo propuesto puede alojarse como un servicio web de tal manera que cualquier implementación del lado cliente puede simplemente llamar a las funciones subyacentes (analizar, cargar datos entre otros) sin tener que pasar por las complejidades de la aplicación subyacente. En la siguiente sección se analizan detalladamente las diferentes capas del CHMS propuesto:

- ✓ **Portal Web.** Es una capa SaaS que contiene diferentes módulos para aceptar, analizar y reportar los datos del paciente. El portal Web incluye diferentes módulos

como: Interceptor, Adaptador, Integrador y Acción. Estos módulos trabajan juntos para lograr la tarea de SaaS en CHMS.

- ✓ **Almacenamiento y cálculo.** CHMS utiliza la plataforma Aneka [Kumar+ 2012] para proporcionar el servicio PaaS.
- ✓ **Centro de datos virtualizados.** CHMS proporciona una capa de centros de datos virtualizados que contribuye a los servicios de computación y almacenamiento, vitalizando los recursos disponibles en el entorno nube. CHMS utiliza XenServer Pool³⁸.

En el Anexo 6 se muestra: la arquitectura por capas de CHMS y una tabla que enumera la configuración de los recursos informáticos utilizados para evaluar el modelo propuesto. A continuación se describirá los experimentos realizados.

Experimento 1- Medida del tiempo de respuesta. Uno de los objetivos principales del modelo propuesto es aumentar el tiempo de respuesta al paciente con el número de usuarios actuales. En el Anexo 6 se presenta la medida del tiempo de respuesta en el CHMS propuesto con un número variable de usuarios simultáneos.

Experimento 2- Medida del rendimiento. Es la medida del tiempo de respuesta con un número variable de transacciones/seg, en el Anexo 6 se muestra este experimento.

La medida del tiempo de respuesta y del rendimiento en el CHMS propuesto es satisfactoria.

3.2.7 Health Cloud – Healthcare As A Service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future

Se describe un sistema que es capaz de ofrecer varios servicios de atención médica utilizando cloud computing, en el Anexo 7 se muestra una vista general de la propuesta. Se enfoca específicamente a la implementación del servicio de procesamiento de imágenes que facilita la realización de varias operaciones en cualquier tipo de imágenes médicas almacenadas en la nube (Ver Figura 20).

El servicio está alojado en una instancia de máquina virtual Microsoft Windows Server 2008 R2 en nube. El servicio es capaz de recuperar imágenes de los servicios de

³⁸ XenServer Pool: Fuente <https://xenserver.org/overview-xenserver-open-source-virtualization/open-source-virtualization-features.html> (Consultado 12 Marzo 2017)

almacenamiento de bloque Azure Storage. El servicio también mantiene una tienda para varios algoritmos de procesamiento de imágenes.

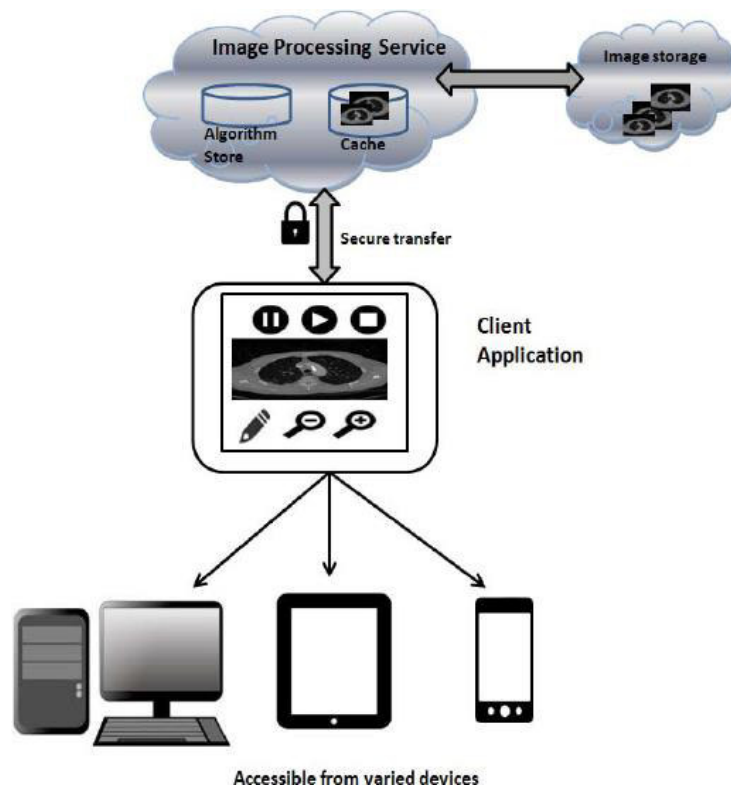


Figura 20: Vista general del servicio de procesamiento de imágenes. [John+ 2014]

El servicio indexa y almacena en caché las imágenes procesadas para obtener una respuesta más rápida. El servicio garantiza la transferencia segura de datos a sus clientes utilizando el protocolo de comunicación TCP/HTTPS y tiene mecanismos de cifrado como SSL³⁹ en su lugar. El servicio también admite varias técnicas de administración de identidades como nombre de usuario/contraseña, certificados X.509⁴⁰ y símbolos SAML⁴¹. El alojamiento del servicio en nube asegura su disponibilidad y se puede utilizar la infraestructura de nube a escala, basada en picos de demanda.

³⁹ SSL: Secure Sockets Layer, es un protocolo diseñado para permitir que las aplicaciones transmitan información de ida y de manera segura hacia atrás. Fuente <https://www.digicert.com/es/ssl.htm> (Consultado 12 Marzo 2017)

⁴⁰ Certificados X.509: Es un estándar UIT-T para infraestructuras de claves públicas. Fuente <https://tools.ietf.org/rfc/rfc5280.txt> (Consultado 12 Marzo 2017)

⁴¹ SAML: Security Assertion Markup Language (Lenguaje de Marcado para Confirmaciones de Seguridad), es un estándar basado en XML para comunicar información de identidad entre organizaciones y la nube. Fuente <https://www.pingidentity.com/en/resources/videos/saml-101.html> (Consultado 12 Marzo 2017)

La aplicación cliente de procesamiento de imágenes se construye utilizando C ++. Las aplicaciones cliente para este servicio se puede acceder desde varios dispositivos como un ordenador personal, tabletas, dispositivos móviles, etc.

3.2.8 Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture

Se recomendó un modelo de diseño flexible de un sistema de gestión e-health basada en cloud computing y SOA. El sistema propuesto mejora la gestión de costes, tiempo, almacenamiento del perfil de los pacientes y la decisión correcta del médico. El principal objetivo del sistema recomendado es reconocer la asociación entre los servicios y los servicios e-health, para la construcción del sistema de gestión de atención médica en Iraq. En el Anexo 8 se muestra el diagrama de casos de uso de algunos servicios proporcionados, donde se muestra algunos usuarios: Administrador, médicos, farmacéutico, radiólogo, administrador de laboratorio y empleado de oficina de seguro médico.

Además, la base de datos propuesta será utilizada por la oficina de seguro médico para crear nuevas tarjetas de salud y almacenar la información del paciente. (Ver Figura 21). La tabla clave del esquema es "Patient_information_in_insurance_office", donde se almacenan todos los datos de todos los pacientes.

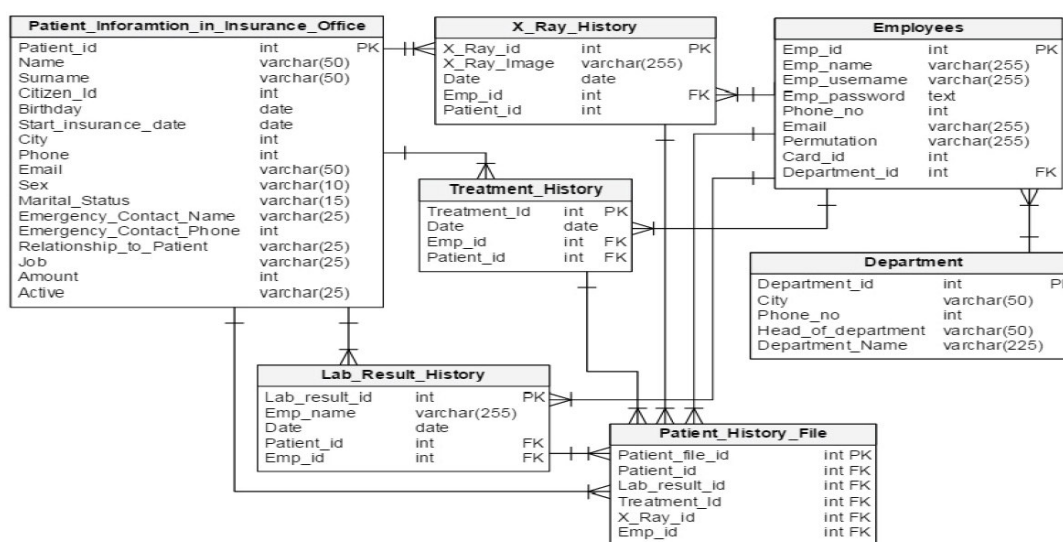


Figura 21: Diseño de base de datos. [Hameed+ 2015]

HL7 también se implementa como los intermediarios consumidos por la aplicación web. La página principal del sistema de gestión de e-health como se muestra en el Anexo 8,

se puede ver la información estadística sobre los usuarios registrados, hospitales y otros centros de salud. El EHR es otra página importante, esto incluye el historial médico del paciente que está registrado en el sistema y emitido con un ID de paciente (Ver Figura 22).

E-Health Management System In Iraq					Welcome sama, you are Doctor Today: May 26, 2015	
Home		Electronic Health Record		Logout		
Patient Profile History						
Personal Information						
ID	Name		Surname		Citizen ID	Birthday
21	Ahmed		Ali		A12376	1988-09-17
Diagnosis and Treatment History						
Add Diagnosis and Treatment						
Lab History						
Add Lab Result						
X-Ray History						
Add X-Ray Result						

Figura 22: EHR, historia del perfil del paciente. [Hameed+ 2015]

Hay cuatro elementos importantes en esta página: historia del perfil del paciente, diagnóstico con tratamiento, pruebas de laboratorio con resultados y pruebas radiológicas con resultados. A continuación se muestra la interfaz para el médico, la radiología y el administrador del laboratorio para agregar datos médicos (Ver Figura 23).

Patient Profile History				
Personal Information				
ID	Name	Surname	Citizen ID	Birthday
8	Omar Talal	ALGOWARY	A123	1987-07-02
Diagnosis and Treatment History				
Add Diagnosis and Treatment				
Treatment	Omar Talal	Paracetamol , Diphenhydramine and Pseudoephedrine		2015-05-22 00:28:50
Lab History				
Add Lab Result				
Lab Result	Ali Hama	Blood Tests Urea 2.5 6.4 mmol/L Potassium (K) 3.5 5.0 mmol/L		2015-05-21 22:29:32
Treatment	Omar Talal	Blood Test		2015-05-21 22:25:11
X-Ray History				
Add X-Ray Result				
X-Ray result photo	Faroq	Foot X-ray Result	2015-05-22 00:23:14	Download
Treatment	Ali Hama	Foot X-RAY	2015-05-22 00:13:22	Treatment

Figura 23: Datos médicos del paciente. [Hameed+ 2015]

3.3 Análisis de trabajos relacionados a E-Health Cloud

En esta sección responderemos a las preguntas descritas en la Sección 3.2 de este capítulo. Dado la importancia del problema sobre atención médica y la envergadura del proyecto, es importante encontrar las características y/o estándares de salud para el análisis, diseño y desarrollo del presente trabajo. Esto conlleva a responder la siguiente pregunta:

Pregunta 1: ¿Qué características tecnológicas y/o estándares de salud se deben tomar en cuenta para el análisis, diseño y desarrollo de un software e-health cloud?

Para responder a esta pregunta nos basamos en un artículo [Noura+ 2015] donde define los siguientes desafíos y/o características:

- **Desafíos de seguridad y privacidad:**

- *Seguridad* [Marston+ 2012]: Hay algunos desafíos de seguridad que deben abordarse para aquellos que deciden implementar e-health cloud. Existen problemas de seguridad bien conocidos en el cloud computing, desde el cifrado de datos, autenticación, autorización y detección de fraudes para prevenir ataques potenciales.
- *Gestión de acceso e identidad* [Yan+ 2009]: Se deben asignar permisos y reglas a los usuarios para garantizar la autenticación y autorizaciones para usuarios y datos.
- *Proteger la seguridad de datos* [Zhang+ 2013]: El problema de seguridad en cloud computing comienza desde el punto en que los datos, sistemas operativos e infraestructuras relacionadas, son controlados por un tercero fuera de la organización de salud. Las preocupaciones aumentan aún más en caso de externalizar estos servicios fuera del país "offshore" (costa afuera).
- *Hacking de marca*: este es el caso cuando se hackea marcas populares. Como resultado, los clientes pueden ser cautelosos de si pueden o no confiar en cloud computing, y mantener su información y productos en nube.

- **Entrega de servicios y orden de importancia:** Cloud computing debe alinearse con las políticas y cumplir con las autoridades y prácticas de atención médica. Por ejemplo en Estados Unidos se aplica las leyes HIPAA y PIPEDA. Además, se debe tener en cuenta las regulaciones de los países donde los proveedores de cloud computing alojan sus servidores y cuáles son las regulaciones relacionadas a los datos personales.

- **Interoperabilidad y portabilidad:** La cuestión principal es cómo integrar fácilmente los servicios en nube de atención médica, lo que requiere un buen grado de interoperabilidad entre diferentes proveedores de estos servicios.
- **Performance y costo:** Los servicios de e-health cloud deben estar disponibles continuamente sin interrupciones o degradación del rendimiento. Tener servicios de alto rendimiento puede ser costoso. Se necesita un equilibrio entre el nivel de rendimiento aceptable y el costo del servicio.
- **Gestión de datos:** La nube debe ofrecer almacenamiento seguro sobre nubes públicas, tolerancia a fallos y ricos lenguajes de consulta que permiten instalaciones eficientes y escalables para recuperar y procesar los datos de la aplicación [AbuKhousa+ 2012].
- **Escalabilidad y Flexibilidad:** La escalabilidad de la nube podría potenciarse aumentando la capacidad de los recursos de TI, como los nodos de cálculo, conexiones de red y unidades de almacenamiento. También proporcionando instalaciones operativas y administrativas adecuadas. Además, la escalabilidad requiere configuraciones dinámicas, reconfiguraciones, redimensionamiento automático de los recursos de hardware virtualizado utilizados y mantenimiento de un nivel de rendimiento aceptable. Además, la flexibilidad significa la capacidad de los proveedores de nube para atender a múltiples proveedores de atención médica con diferentes requisitos en términos de funciones, operaciones, usuarios, auditoría, gestión y requisitos de QoS⁴².
- **Mantenibilidad:** La nube es desafiada por la tarea desalentadora de mantener sus recursos y servicios. La complejidad del mantenimiento surge de los diferentes requerimientos y características de los múltiples proveedores de servicios de salud y clientes. Estos requisitos podrían ser completamente diferentes en las infraestructuras en nube, software o plataformas [AbuKhousa+ 2012].
- **Control de Supervisión:** La adopción de cloud computing transferirá algunas funciones de autoridad de los empleados de TI, y los departamentos de TI tradicionales serán obsoletos [Khajeh-Hosseini+ 2010]. La computación en nube cambiará el papel del departamento de TI central. Los departamentos de cumplimiento tampoco tendrán los mismos privilegios que pueden resultar en cambios en sus prácticas de trabajo.

⁴² QoS: Quality of Service (Calidad de Servicio)

- **Adquisición de conocimiento y experiencia:** Es posible que las organizaciones de salud no tengan los conocimientos y experiencia necesarios entre sus empleados. Esto puede agregar dificultades al implementar soluciones en la nube y capacitar a los empleados en el nuevo conjunto de procesos y herramientas de soluciones basadas en la nube.
- **Apoyo de la alta dirección:** El apoyo de la alta dirección podría proporcionar el éxito de la implementación de nuevas tecnologías. Esto se puede lograr alineando el plan de adopción de la nube con los planes estratégicos de la organización sanitaria y el bienestar de los empleados.
- **Cambio en la organización de salud:** Cualquier organización tiene su propia cultura, políticas y empleados morales, donde la transferencia a la nueva tecnología debe considerar cómo los empleados se verán afectados por el cambio. Las organizaciones de salud deben planificar una transición suave al nuevo proceso y estructura.
- **Reingeniería de procesos:** Es el análisis y rediseño del flujo de trabajo dentro y entre las organizaciones de salud. Las organizaciones de salud deben estar dispuestas a cambiar su flujo de trabajo para adaptarse a la tecnología de la nube con una personalización mínima. La calidad de la revisión y rediseño del proceso empresarial es importante.
- **Contrato con proveedor:** Los contratos de computación en nube combinan la subcontratación, el software y el leasing, donde se concentran en las garantías de SLA⁴³. El desafío aquí es cómo entregar el mismo contrato para todos los clientes, donde los proveedores de nube no pueden proporcionar a cada cliente con un SLA diferente [Khajeh-Hosseini+ 2010].
- **Fiabilidad y disponibilidad:** El dominio de la atención médica tiene un requisito especial en la confiabilidad y disponibilidad de los datos, donde los datos en la atención médica pueden afectar la vida del paciente. Los proveedores de nube tienen el reto de aumentar la disponibilidad y fiabilidad de sus servicios.

Después evaluamos los casos de estudio revisados usando estos desafíos y/o características, con el fin de encontrar las características más comunes y relevantes para aportar al presente trabajo (Ver Tabla 4)

⁴³ SLA: Service Level Agreement (Acuerdo de Nivel de Servicio)

Tabla 4: Desafíos y/o características para e-health cloud

Características		Trabajos sobre e-health cloud							
		[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
Desafíos técnicos en la nube	Seguridad y privacidad					✓		✓	
	Entrega de servicios y orden de importancia			✓	✓	✓		✓	
	Interoperabilidad y portabilidad (Integración)	✓		✓	✓	✓			✓
	Performance y costo		✓			✓	✓		
	Gestión de datos	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
	Escalabilidad y flexibilidad		✓				✓		
	Mantenibilidad		✓			✓			
Desafíos organizacionales en la nube	Control de supervisión					✓			
	Adquisición de conocimiento y experiencia				✓				
	Apoyo de la alta dirección				✓				
	Cambio en la organización de salud				✓				
	Reingeniería de procesos				✓				
Desafíos de la calidad del servicio en la nube	Contrato con proveedor (SLA)								
	Fiabilidad y disponibilidad		✓			✓	✓		

[1]: Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System

[2]: A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System

[3]: MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System

[4]: Electronic Health Record as an eHaaS: Historia Clínica Electrónica como Servicio de Software en la Nube

[5]: A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs

[6]: An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System

[7]: Health Cloud – Healthcare As A Service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future

[8]: Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture

Finalmente, se muestra que dos características son comúnmente priorizadas. Interoperabilidad y Portabilidad está contemplada por seis trabajos. Y Gestión de Datos está contemplado por cinco trabajos. Estas características forman parte de los objetivos del presente trabajo.

CAPÍTULO IV: APOORTE TEÓRICO

En este capítulo realizamos un análisis de las entidades que intervienen en el servicio médico. Posteriormente se procederá con la identificación de componentes de desarrollo de software. Después se procederá con la construcción de prototipos, este también sirve de ayuda para refinar los componentes del software.

La Clínica Universitaria UNMSM no cuenta con un diagrama de procesos que contemple todo el funcionamiento de dicha institución. Por tanto, se realizó el análisis respectivo para identificar y agrupar los procesos que intervienen en el flujo de trabajo de la institución.

4.1 Análisis de la propuesta

4.1.1 Descripción de procesos

El presente análisis ha permitido identificar cómo se gestiona actualmente los procesos de servicio médico de la Clínica Universitaria UNMSM:

4.1.1.1 Proceso de admisión y tópico

Se brinda información de orientación de servicio médico y registro de pacientes.

4.1.1.2 Proceso de gestión de pagos de servicio médico

Se realiza el pago de servicio, devoluciones si lo hubiera y cierre de caja.

4.1.1.3 Proceso de gestión de consulta médica

Se realiza la consulta de disponibilidad horaria de los médicos, obtención del turno de atención solicitado para el área correspondiente y reserva de cita médica.

4.1.1.4 Proceso de gestión de certificado médico

Se registra el certificado médico, este determina el estado de salud del paciente, descartando enfermedades infecto-contagiosas, especialmente de tipo respiratorio y de transmisión sexual. Este certificado está dirigido a personas y empresas que tengan colaboradores que por motivos de estudio, trabajo, viaje, matrimonio u otro requieran contar con ese documento.

4.1.1.5 Procesos de gestión de laboratorios

Procesos donde se realiza el abastecimiento de medicamentos y materiales necesarios a la clínica. Normalmente se ejecutan una vez al año conjuntamente con el inventario general de la universidad, pero dada la fragilidad y relevancia de los medicamentos y materiales, esta se realiza ocasionalmente.

4.1.2 Diagramas de procesos

A continuación se mostrara el diagrama de Procesos de Admisión y Tópico, que son los procesos que se ejecutan inicialmente en el flujo de trabajo de la clínica. (Ver Figura 24)

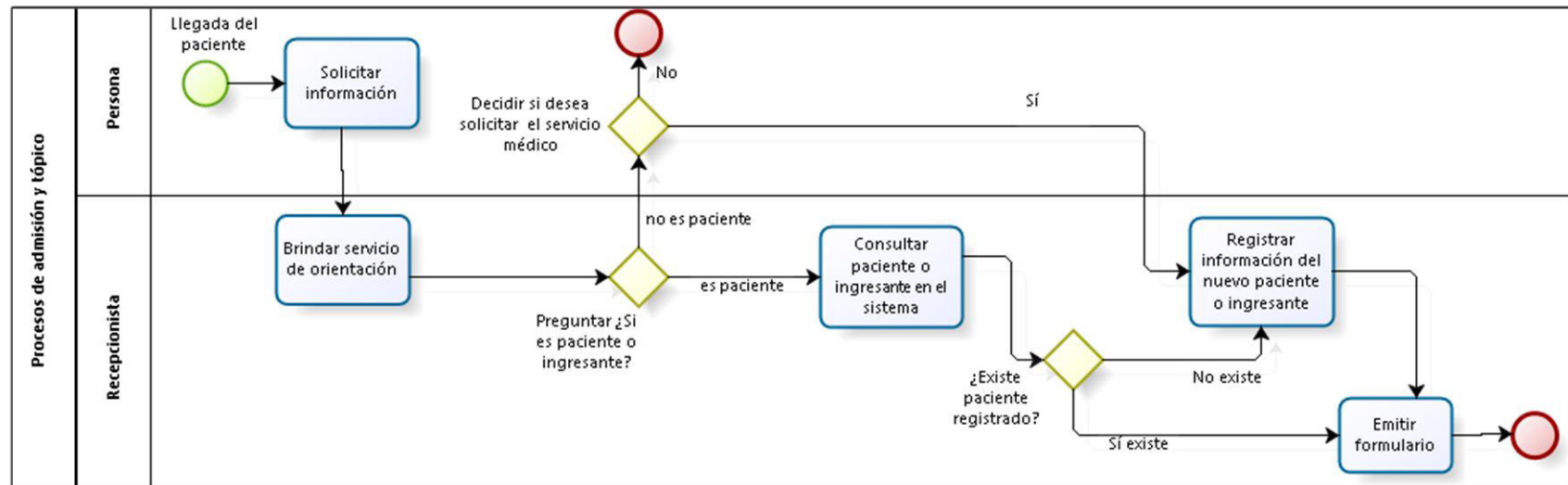


Figura 24: Procesos de Admisión y Tópico.

Los Procesos de Gestión de Certificados Médicos inician con la obtención del formulario para el examen médico, donde el paciente puede iniciar los procesos de cada especialista (tópico, laboratorio, odontológico, radiología y psicología) de forma aleatoria porque no hay un orden. Es decir ningún examen de algún especialista es requisito para realizar un examen de otro especialista, cabe mencionar que solo es para la gestión de certificados médicos. A continuación se mostrara el diagrama de procesos. (Ver Figura 25)

4.1.3 Definición de la metodología de solución

El presente trabajo usa el marco de trabajo Scrum [Alaimo+ 2015]; y debido a la envergadura del proyecto y alcance establecido en el Capítulo 1, se iniciara con el análisis, diseño e implementación de los procesos que forman parte de la línea principal del servicio médico y que son de mayor prioridad. Los procesos relevantes son “Procesos de admisión y tópico” y “Procesos de gestión de certificados”.

4.1.4 Identificación de requerimientos

A continuación, se muestra la descripción de los requerimientos (Ver Tabla 5), mencionar que se tomó en cuenta la parte de seguridad. Para la redacción de las historias de usuario nos basamos en Anders Claesson [Claesson 2011]

Tabla 5: Tabla de historias de usuario

N°	Historias de Usuario		
	Tarjeta	Conversación	Confirmación
1	Como recepcionista Debo registrar al paciente ya que esto ayudara a los especialistas con el seguimiento de sus pacientes	<ul style="list-style-type: none">• La cantidad máxima de dígitos del código de alumno es 8• Todos los campos son obligatorios para el registro del paciente.	Éxito: Registro de paciente válido, limpiar campos y permanecer en la página. Error: Mostrar mensaje <ul style="list-style-type: none">• E-mail inválido• Nombres inválidos• Apellido Paterno inválido• Apellido Materno inválido• Teléfono de referencia inválido• Sexo inválido• EAP seleccionada inválida• Estado civil seleccionado inválido• Ubicación inválida.
2	Como especialista a cargo de Medicina General Necesito registrar los resultados de triaje de manera rápida y sencilla ya que así puedo atender otros pacientes en menos tiempo	<ul style="list-style-type: none">• Todos los campos del triaje son obligatorios excepto la agregación de síntomas, este registro es opcional• Debo poder localizar al paciente fácilmente para poder atender más rápido• El valor de FUM es opcional de acuerdo al género del paciente	Error: Mostrar mensaje <ul style="list-style-type: none">• Peso inválido• Talla inválido• Pulso inválido• FUM inválido• Sistólica inválida• Diastólica inválida• Ojo derecho inválido• Ojo izquierdo inválido

		<ul style="list-style-type: none"> • Los valores de las medidas del ojos son opcionales 	
3	<p>Como especialista a cargo de Medicina General</p> <p>Necesito registrar los síntomas de la evaluación clínica para poder realizar un seguimiento detallado de pacientes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Debo poder categorizar los síntomas de acuerdo al CIE-10 • Si el paciente tiene algún síntoma, debo poder acordar una cita médica. • El triaje y la evaluación clínica forman parte del examen de Medicina General 	<p>Éxito: Registro de examen de Medicina General válido, limpiar campos y permanecer en la página.</p> <p>Error: Mostrar mensaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de síntoma seleccionado inválido • CIE 10 seleccionado inválido • Fecha de cita inválida
4	<p>Como especialista a cargo del Examen de Laboratorio</p> <p>Quiero registrar los resultados del examen ya que esto ayudara en el seguimiento de salud del paciente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los campos para el registro de laboratorio son obligatorios excepto el poder ingresar una observación, este es opcional • Debo poder localizar al paciente fácilmente para poder atender más rápido • Cuando se ingrese la hemoglobina, debe mostrar un mensaje indicando si es bajo, normal o alto 	<p>Éxito: Registro de examen de laboratorio válido, limpiar campos y permanecer en la página.</p> <p>Error: Mostrar mensaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen serológico seleccionado inválido • Hemoglobina inválida • Hemograma inválido
5	<p>Como especialista a cargo del Examen Radiológico</p> <p>Quiero registrar los resultados del examen ya que esto me ayudara a tener un respaldo de la información porque actualmente primero escribo todo en un cuaderno de apuntes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los campos para el registro del examen radiológico son obligatorios excepto el poder ingresar una observación, este es opcional • Debo poder localizar al paciente fácilmente para poder atender más rápido 	<p>Éxito: Registro de examen radiológico válido, limpiar campos y permanecer en la página.</p> <p>Error: Mostrar mensaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examen radiológico seleccionado inválido
6	<p>Como especialista a cargo del Examen Psicológico</p> <p>Debo registrar los resultados del examen sin cosas complicadas ya que esto ayudara a tener un</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los campos para el registro del examen psicológico son obligatorios excepto el poder ingresar una observación, este es opcional • Debo poder localizar al paciente fácilmente para poder atender más rápido 	<p>Éxito: Registro de examen psicológico válido, limpiar campos y permanecer en la página.</p> <p>Error: Mostrar mensaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resultado de depresión inválido

	perfil psicológico del paciente	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando ingrese los resultados de depresión y ansiedad, debe mostrar mensajes indicando si es bajo, normal, alto o intenso 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de ansiedad inválido • Diagnostico seleccionado inválido
7	<p>Como especialista a cargo de los exámenes médicos</p> <p>Necesito obtener un consolidado de los resultados médicos de acuerdo al plan de salud, esto agilizará la entrega de documentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Debo obtener el consolidado de manera rápida según el código de paciente 	<p>Éxito: Mostrar una lista de consolidados de resultados médicos según el plan de salud.</p> <p>Error: Mostrar mensaje</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consolidado no disponible aun

4.2 Diseño y arquitectura de software

4.2.1 Arquitectura de software

En esta sección se muestra el diagrama de componentes (Ver Figura 26). Primero se describe el funcionamiento a nivel general, es decir como interactúa un componente con otros. La comunicación entre componentes es mediante REST, todos son API excepto el componente del lado cliente. Después se describe a detalle cada componente, también se muestra el tipo de base de datos (PostgreSQL y MongoDB) que está usando cada uno que son de forma circular. Todas las API y bases de datos están alojadas en Heroku, funcionando como IaaS. En la Figura 26 también se muestra dos nombres por cada componente. Uno es para que se pueda entender y recordar mejor, el otro es un nombre técnico usado para la implementación. Más adelante, se detalla las tecnologías y descripciones de cada componente.

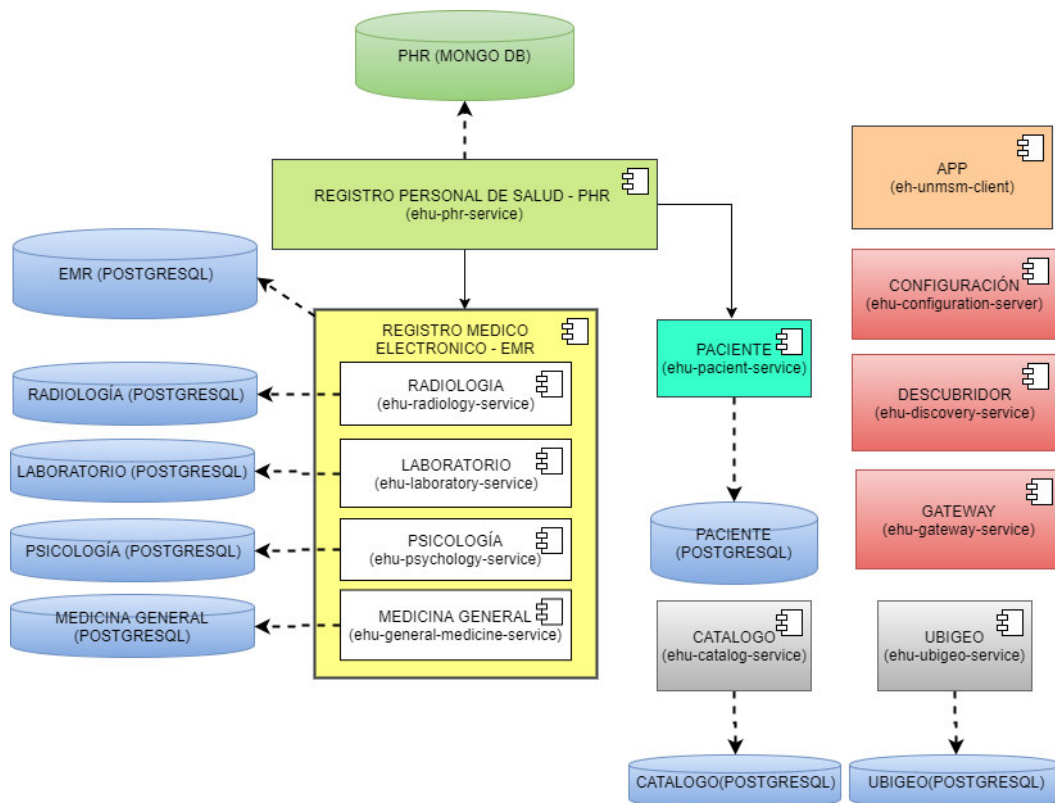


Figura 26: Diagrama de componentes de la propuesta EH-UNMSM

4.2.1.1 Descripción del funcionamiento a nivel general

Lado Cliente: Se tiene al componente de color anaranjado (APP), es la aplicación web desarrollada con Javascript, HTML y CSS, mencionar que la aplicación web tiene soporte para una perspectiva móvil.

Lado Servidor: Los componentes de color rojo (*CONFIGURACIÓN*, *DESCUBRIDOR* y *GATEWAY*) son de uso a nivel transversal, es decir intervienen todo el tiempo porque en conjunto son la base para el despliegue y comunicación en la nube. También los componentes *CATALOGO* y *UBIGEO* son usados por la mayoría de componentes, es decir todo lo relacionado al servicio médico, pero no tienen tanta relevancia como los mencionados anteriormente.

El usuario podrá acceder a las funcionalidades, por ejemplo podrá hacer uso directo de todos los componentes de servicio de salud, es decir los de color amarillo y verde (*REGISTRO MEDICO ELECTRONICO* y *REGISTRO PERSONAL DE SALUD*). Cada uno de ellos lleva una abreviatura en inglés, esto con el fin de obtener de mantener compatibilidad de referencias. Mencionar que el componente *REGISTRO MEDICO ELECTRONICO* está compuesto por los componentes de color blanco (*RADIOLOGIA*, *PSICOLOGÍA*, *MEDICINA GENERAL* y *LABORATORIO*) que son requisitos para generar el certificado médico.

En la Figura 26, podemos observar que todas las bases de datos son PostgreSQL excepto una que es MongoDB y es manejada por la API *REGISTRO PERSONAL DE SALUD*. Esta base de datos NoSQL es la más adecuada para esta situación según Weider [Weider+ 2013] porque se proyecta que este servicio será el más solicitado por las facultades para la matricula.

4.2.1.2 Descripción de API

A continuación se describen los componentes API del E-Health Cloud propuesto (Ver Tabla 6)

Tabla 6: Descripción de API

Nombre de API	Descripción API
CONFIGURACIÓN (ehu-configuration-server)	Realiza la configuración en nube, esta API siempre será la primera en desplegar ya que todas las API necesitan leer los archivos de configuración que tiene alojado. Debido a que su función es solo configurar, esta API no tiene acceso a ninguna base de datos.
DESCUBRIDOR (ehu-discovery-service)	Realiza un seguimiento y comunicación entre API por tanto cada una es configurada para que apunte a la dirección IP del <i>DESCUBRIDOR</i> . No tiene acceso a ninguna base de datos
GATEWAY (ehu-gateway-service)	Verifica el acceso de cada petición recibida hacia alguna API. No tiene acceso a ninguna base de datos
PACIENTE (ehu-patient-service)	Realiza el registro, actualización y consulta de información del paciente. Usa la base de datos PostgreSQL <i>Pacientes</i> (tabla <i>pacient</i>), también obtiene información mediante las API <i>UBIGEO</i> y <i>CATALAGO</i> .

<p>REGISTRO PERSONAL DE SALUD</p> <p>(ehu-phr-service)</p>	<p>Realiza la consulta del consolidado de resultados médicos de manera histórica. Usa la base de datos MongoDB, en un futuro esta API atenderá muchas peticiones entonces aumentara el beneficio de usar este tipo de base de datos NoSQL.</p>
<p>REGISTRO MEDICO ELECTRONICO</p> <p>(ehu-emr-service)</p>	<p>Realiza el registro, actualización, eliminación y consulta del EMR. Mencionar que al eliminar un EMR, se elimina los registros de los exámenes de radiología, laboratorio, psicología, odontología y medicina general. También obtiene información de la API <i>CATALOGO</i>. Usa la base de datos PostgreSQL <i>EMR</i> (tablas <i>emr</i>, <i>radiology_test</i>, <i>general_medicine</i>, <i>laboratory_test</i> y <i>psychological_test</i>). Por último, esta API envía un consolidado de los exámenes médicos a la API <i>REGISTRO PERSONAL DE SALUD</i>.</p>
<p>RADIOLOGIA</p> <p>(ehu-radiology-service)</p>	<p>Realiza el registro, actualización y consulta de los resultados del examen de radiología. También obtiene información de la API <i>CATALOGO</i> y usa la base de datos PostgreSQL <i>EMR</i> (tabla <i>radiology_test</i>).</p>
<p>LABORATORIO</p> <p>(ehu-laboratory-service)</p>	<p>Realiza el registro, actualización y consulta de los resultados del examen de laboratorio. También obtiene información de la API <i>CATALOGO</i> y usa la base de datos PostgreSQL <i>EMR</i> (tabla <i>laboratory_test</i>).</p>
<p>PSICOLOGIA</p> <p>(ehu-psychology-service)</p>	<p>Realiza el registro, actualización y consulta de los resultados del examen de psicología. También obtiene información de la API <i>CATALOGO</i> y usa la base de datos PostgreSQL <i>EMR</i> (tabla <i>psychological_test</i>).</p>
<p>MEDICINA GENERAL</p> <p>(ehu-general-medicine-service)</p>	<p>Realiza el registro, actualización y consulta de los resultados del examen de medicina general. También obtiene información de la API <i>CATALOGO</i> y usa la base de datos PostgreSQL <i>EMR</i> (tabla <i>general_medicine</i>).</p>
<p>UBIGEO</p> <p>(ehu-ubigeo-service)</p>	<p>Realiza consultas sobre departamentos, provincias y distritos. Solo tiene acceso a la base de datos PostgreSQL <i>UBIGEO</i> que contiene una sola tabla llamada <i>ubigeo</i>.</p>
<p>CATALOGO</p> <p>(ehu-catalog-service)</p>	<p>Es un servicio que es muy solicitado por las todas las opciones del software. Realiza consultas, registra y actualiza información sobre algún tipo o detalle de alguna entidad. Solo tiene acceso a la base de datos PostgreSQL <i>Catalogo</i> que contiene una sola tabla llamada <i>catalog</i>.</p>

4.2.2 Wireframe

A continuación, la representación visual de las funcionalidades del software (Admisión, Exámenes Médicos e Historia Clínica) que vienen ser la implementación de Procesos de

Admisión y Gestión de Certificados Médicos (Ver Figura 27). El menú principal contiene las siguientes opciones (Ver Tabla 7).

Tabla 7: Opciones contenidas en el menú principal

Proceso de la Clínica Universitaria	Opción de menú principal del software	Opción de submenú	Descripción
Admisión	Admisión	Registrar Paciente	Funcionalidad para el registro y consulta de pacientes
Gestión de Certificados Médicos	Examen Médico	Medicina General	Conjunto de funcionalidades para realizar el registro de resultados de exámenes de diferentes especialidades o áreas (Medicina General, Laboratorio, Psicología y Radiología)
		Laboratorio	
		Radiología	
		Psicología	
	Historia Clínica	-	Funcionalidad para consultar el consolidado de resultados médicos según el plan de salud.

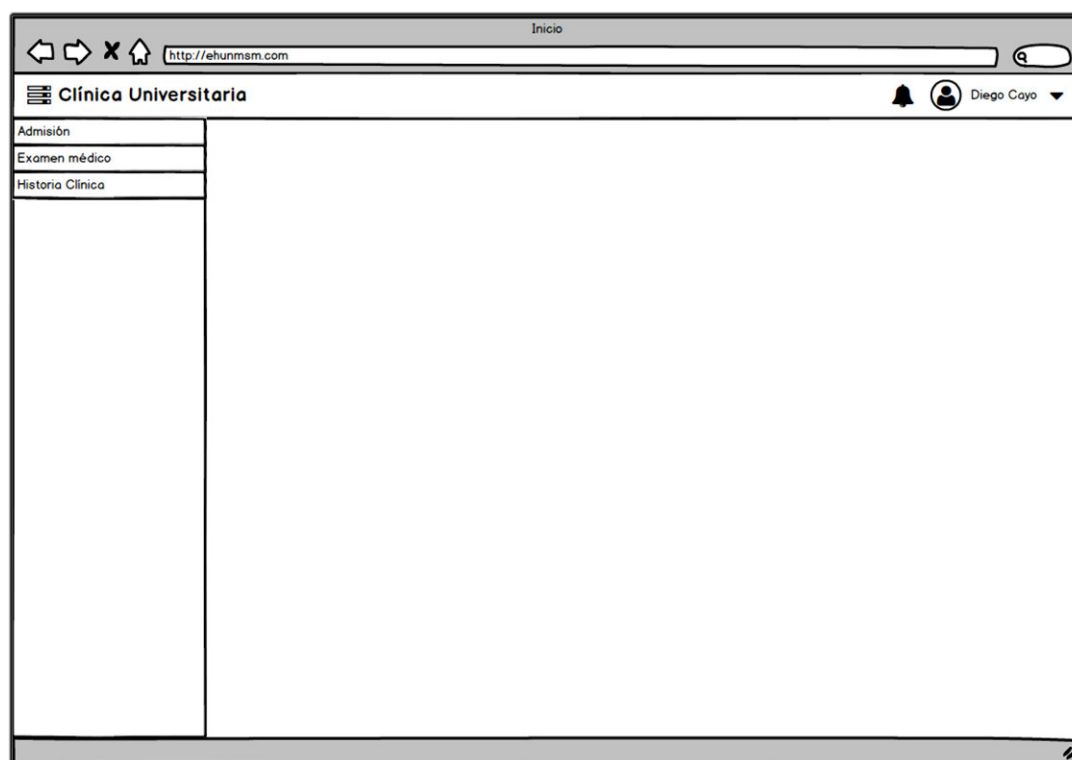


Figura 27: Representación de la página de inicio del software

Después se procede con el registro del paciente. En el análisis del presente trabajo, para gestión de certificados médicos, abarca solo cuando el paciente es estudiante interno de la UNMSM - mencionado este punto, a continuación se procede con el registro del estudiante como paciente. (Ver Figura 28)

The screenshot shows a web browser window titled 'Registrar Paciente' with the URL 'http://ehunmsm.com'. The page header includes the 'Clínica Universitaria' logo and a user profile for 'Diego Cayo'. A left sidebar contains navigation links: 'Admisión', 'Registrar Paciente', 'Examen Médico', and 'Historia Clínica'. The main content area is titled 'Admisión > Registrar Paciente' and features a 'Tipo de paciente' dropdown set to 'Estudiante'. Below this, the 'PACIENTE' section contains the following fields: 'Código' (14300202), 'Nombres' (Roger), 'Apellido Paterno' (Cayo), 'Apellido Materno' (Gonzales), 'Estado Civil' (Soltero), 'E-mail' (roger@gmail.com), 'Estado Exámen Médico' (Sin Solicitar), 'E.A.P' (E.A.P Ingeniería de Software), 'Fecha de nacimiento' (09/08/1994), 'Edad' (20), 'Telefono de referencia' (989778722), and 'Sexo' (Masculino). The 'UBICACIÓN' section includes 'Departamento' (Lima), 'Provincia' (Lima), 'Distrito' (Los Olivos), and 'Dirección' (Avenida Alfa - Mz LL - N° 2011 - Lote 27 - 3° Etapa - Urb El Trebol). At the bottom are 'Registrar' and 'Cancelar' buttons.

PACIENTE	
Código	14300202
Nombres	Roger
Apellido Paterno	Cayo
Apellido Materno	Gonzales
Estado Civil	Soltero
E-mail	roger@gmail.com
Estado Exámen Médico	Sin Solicitar
E.A.P	E.A.P Ingeniería de Software
Fecha de nacimiento	09/08/1994
Edad	20
Telefono de referencia	989778722
Sexo	<input checked="" type="radio"/> Masculino <input type="radio"/> Femenino

UBICACIÓN	
Departamento	Lima
Provincia	Lima
Distrito	Los Olivos
Dirección	Avenida Alfa - Mz LL - N° 2011 - Lote 27 - 3° Etapa - Urb El Trebol

Figura 28: Representación de la página del registro de paciente

Después se procede a iniciar los Procesos de Gestión de Certificados Médicos. Recordar que el paciente puede realizar los exámenes de forma desordenada. Para la demostración de las funcionalidades, se comienza con la selección de la opción Medicina General. A continuación se muestra el registro del examen de Medicina General de un paciente (Ver Figura 29)

The screenshot displays a web application interface for a university clinic. The browser's address bar shows 'http://ehunmsm.com'. The page title is 'Medicina General'. The sidebar on the left contains the following menu items: 'Admisión', 'Examen Médico', 'Medicina General' (highlighted), 'Laboratorio', 'Radiología', 'Psicología', and 'Historia Clínica'. The main content area is titled 'Gestión de Certificado Médico > Medicina General'. It features a 'Tipo de paciente' dropdown menu set to 'Estudiante'. Below this, there is a 'PACIENTE' section with fields for 'Código' (14300202), 'Nombres' (Roger), 'Apellido Paterno' (Cayo), and 'Apellido Materno' (Gonzales). To the right of these fields is a 'Proceso de examen médico' section with a checkbox for 'Medicina General' and three unchecked checkboxes for 'Examen de Laboratorio', 'Examen Radiológico', and 'Examen Psicológico'. Below the patient information, there is a 'Triaje' tab and an 'Evaluación Clínica' section. This section contains input fields for 'Peso (Kg)' (95), 'Talla (Cm)' (170), 'Pulso (Cm)' (83), and 'FUM' (//). It also includes a 'PRESIÓN ARTERIAL' section with 'Sistólica (Mm. Hg)' (98) and 'Diastólica (Mm. Hg)' (60), and an 'AGUDEZA VISUAL' section with 'Ojo derecho' and 'Ojo izquierdo' fields. A note at the bottom of the evaluation section states 'Si no menstruó en el último mes comuníquelo al radiólogo'. At the bottom right of the evaluation section is a 'Siguiente' button. At the bottom of the page are 'Registrar' and 'Cancelar' buttons.

Figura 29: Representación de la página de Medicina General – Primera Parte

El registro para el examen de Medicina General consta de dos partes, la primera es registrar los resultados de Triage (Ver Figura 29). La segunda parte es el registro de Evaluación Clínica que a continuación se muestra (Ver Figura 30)

Medicina General

http://ehunmsm.com

Clínica Universitaria

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

Gestión de Certificado Médico > Medicina General

Tipo de paciente: Estudiante

PACIENTE

Código: 14300202

Nombres: Roger

Apellido Paterno: Cayo

Apellido Materno: Gonzales

Proceso de examen médico

☐ Medicina General

☐ Examen de Laboratorio

☐ Examen Radiológico

☐ Examen Psicológico

Triage Evaluación Clínica

Sintomas	CIE 10	Observaciones	Fecha consulta	Opciones
<input type="checkbox"/> Piel				
<input type="checkbox"/> Oído / Nariz / Garganta				
<input type="checkbox"/> Cardiovascular				
<input type="checkbox"/> Respiratorio (pulmonar)				
<input type="checkbox"/> Abdomen				
<input type="checkbox"/> Músculo esquelético				
<input type="checkbox"/> Neurológico				
<input type="checkbox"/> Alergia a medicamentos				
<input type="checkbox"/> ETS				
<input type="checkbox"/> Otras enfermedades				

Atras

Registrar Cancelar

Figura 30: Representación de la página de Medicina General – Segunda Parte

En esta pestaña Evaluación Clínica, para agregar algún síntoma específico se debe seleccionar la opción que se muestra al lado derecho de cada fila. Posteriormente se muestra un formulario para su registro (Ver Figura 31)

The screenshot displays the 'Clínica Universitaria' web interface. The left sidebar contains navigation links: Admisión, Examen Médico, Medicina General (selected), Laboratorio, Radiología, Psicología, and Historia Clínica. The main content area is titled 'Gestión de Certificado Médico > Medicina General'. It shows a patient record for 'Estudiante' with ID '14300202'. A modal window titled 'AGREGAR SINTOMA' is open, featuring a list of symptoms on the left and a form on the right. The symptom 'CARDIOVASCULAR' is selected. The form includes fields for 'CIE 10', 'Fecha de cita', and 'Observación'. The background shows a table with columns 'Fecha consulta' and 'Opciones'.

Sintoma	Fecha consulta	Opciones
<input type="checkbox"/> Piel		
<input type="checkbox"/> Oído /		
<input type="checkbox"/> Cardio		
<input type="checkbox"/> Respir		
<input type="checkbox"/> Abdomen		
<input type="checkbox"/> Músculo esquelético		
<input type="checkbox"/> Neurológico		
<input type="checkbox"/> Alergia a medicamentos		
<input type="checkbox"/> ETS		
<input type="checkbox"/> Otras enfermedades		

Figura 31: Representación la página de Medicina General – Tercera Parte

Una vez registrado los resultados de Medicina General, procedemos a registrar los resultados de laboratorios en la siguiente funcionalidad (Ver Figura 32)

The screenshot shows a web application titled 'Examen de Laboratorio' in the browser's title bar. The address bar shows 'http://ehunmsm.com'. The application header includes the logo 'Clínica Universitaria' and a user profile 'Diego Cayo'. A left sidebar contains a menu with 'Admisión', 'Examen Médico' (highlighted), 'Medicina General', 'Laboratorio' (highlighted), 'Radiología', 'Psicología', and 'Historia Clínica'. The main content area has a breadcrumb 'Gestión de Certificado Médico > Exámen de Laboratorio'. Below this, a 'Tipo de paciente' dropdown is set to 'Estudiante'. A 'PACIENTE' section contains input fields for 'Código' (14300202), 'Nombres' (Roger), 'Apellido Paterno' (Cayo), and 'Apellido Materno' (Gonzales), each with a search icon. To the right, a 'Proceso de exámen médico' section has checkboxes for 'Medicina General' (checked), 'Exámen de Laboratorio' (unchecked), 'Exámen Radiológico' (unchecked), and 'Exámen Psicológico' (unchecked). Below this is a 'Registro de Laboratorio' section with a tabbed interface. The 'Examen serológico' dropdown is set to 'No Reactivo'. The 'Hemoglobina' field shows '15,6' with a 'NORMAL' status button. The 'Grupo sanguíneo' dropdown is set to 'O Rh(+)'. The 'Observaciones' field contains the placeholder text 'Escribir comentario ...'. At the bottom right are 'Registrar' and 'Cancelar' buttons.

Examen de Laboratorio

Clínica Universitaria

Diego Cayo

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

Gestión de Certificado Médico > Exámen de Laboratorio

Tipo de paciente: Estudiante

PACIENTE

Código: 14300202

Nombres: Roger

Apellido Paterno: Cayo

Apellido Materno: Gonzales

Proceso de exámen médico

☒ Medicina General

☐ Exámen de Laboratorio

☐ Exámen Radiológico

☐ Exámen Psicológico

Registro de Laboratorio

Examen serológico: No Reactivo

Hemoglobina: 15,6 NORMAL

Grupo sanguíneo: O Rh(+)

Observaciones: Escribir comentario ...

Registrar Cancelar

Figura 32: Representación de la página de Examen de Laboratorio

Luego de registrar los resultados del examen odontológico, procedemos a registrar los resultados del examen radiológico en la siguiente funcionalidad (Ver Figura 33)

The screenshot shows a web browser window with the URL <http://ehunmsm.com>. The page title is 'Examen Radiológico'. The header includes the logo and name 'Clínica Universitaria' on the left, and a notification bell and user profile 'Diego Cayo' on the right. A left sidebar menu contains the following items: 'Admisión', 'Examen Médico' (highlighted), 'Medicina General', 'Laboratorio', 'Radiología' (highlighted), 'Psicología', and 'Historia Clínica'. The main content area has a breadcrumb trail 'Gestión de Certificado Médico > Exámen Radiológico'. Below this, there is a 'Tipo de paciente' dropdown menu set to 'Estudiante'. A section titled 'PACIENTE' contains input fields for 'Código' (14300202), 'Nombres' (Roger), 'Apellido Paterno' (Cayo), and 'Apellido Materno' (Gonzales). To the right of these fields is a search icon. Further right is a 'Proceso de examen médico' section with three checkboxes: 'Medicina General' (checked), 'Exámen de Laboratorio' (checked), and 'Exámen Radiológico' (unchecked and bolded). Below the patient information is a 'Registro Radiológico' section with a dropdown menu for 'Examen radiologico' set to 'Negativo' and a text area for 'Observaciones' with the placeholder 'Escribir comentario ...'. At the bottom of the form are two buttons: 'Registrar' and 'Cancelar'.

Figura 33: Representación de la página de Examen Radiológico

Después procedemos a registrar los resultados del examen psicológico en la siguiente funcionalidad (Ver Figura 34)

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'http://ehunmsm.com'. The page title is 'Examen Psicológico'. The header includes the logo 'Clínica Universitaria' and a user profile 'Diego Cayo' with a notification bell icon. A left sidebar contains a menu with 'Admisión', 'Examen Médico' (highlighted), 'Medicina General', 'Laboratorio', 'Radiología', 'Psicología' (highlighted), and 'Historia Médica'. The main content area is titled 'Gestión de Certificado Médico > Examen Psicológico'. It features a 'Tipo de paciente' dropdown set to 'Estudiante'. Below this is a 'PACIENTE' section with input fields for 'Código' (14300202), 'Nombres' (Roger), 'Apellido Paterno' (Cayo), and 'Apellido Materno' (Gonzales). A search icon is next to the 'Código' field. To the right is a 'Proceso de examen médico' section with checkboxes for 'Medicina General', 'Examen de Laboratorio', 'Examen Radiológico', and 'Examen Psicológico' (which is selected). Below this is a 'Registro de Psicología' section with input fields for 'Resultado de Depresión' (39) and 'Personalidad de Ansiedad' (90), each with a corresponding status label 'NORMAL' and 'INTENSO'. There is also a 'Diagnostico' dropdown set to 'Observado' and a text area for 'Observaciones' with the placeholder 'Escribir comentario ...'. At the bottom right are 'Registrar' and 'Cancelar' buttons.

Examen Psicológico

http://ehunmsm.com

Clínica Universitaria

Diego Cayo

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Médica

Gestión de Certificado Médico > Examen Psicológico

Tipo de paciente: Estudiante

PACIENTE

Código: 14300202

Nombres: Roger

Apellido Paterno: Cayo

Apellido Materno: Gonzales

Proceso de examen médico

- ☒ Medicina General
- ☒ Examen de Laboratorio
- ☒ Examen Radiológico
- ☒ Examen Psicológico

Registro de Psicología

Resultado de Depresión: 39 NORMAL

Personalidad de Ansiedad: 90 INTENSO

Diagnostico: Observado

Observaciones: Escribir comentario ...

Registrar Cancelar

Figura 34: Representación de la página de Examen Psicológico

Finalmente, se tiene el consolidado en la opción Historia Clínica (Ver Figura 35)

Medicina General

http://ehunmsm.com

Clínica Universitaria

Diego Cayo

Admisión

Examen Médico

Historia de Clínica

Historia Clínica > Consulta

PACIENTE

Código 14300202 Ver Detalle

Nombres Roger Apellido Paterno Cayo Apellido Materno Alcos

Edad 23 Sexo Masculino

Exámenes médicos

N°	Plan de salud	Estado	Fecha de inicio	Fecha de término	Descargar	Opciones
1	2016-I	Finalizado	21/03/2016	22/03/2016		
2	2016-II	Finalizado	05/08/2016	05/08/2016		
3	2017-I	Finalizado	19/03/2017	21/03/2017		
4	2017-II	Finalizado	07/08/2017	07/08/2017		

Figura 35: Representación de la página de Historia Clínica – Primera parte

En esta última funcionalidad están las siguientes opciones, la primera Ver Detalle que está relacionada al paciente (Ver Figura 36)

Medicina General

http://ehunmsm.com

Clínica Universitaria

Diego Cayo

Admisión

Examen Médico

Historia de Clínica

Historia Clínica > Consulta

Información Detallada de Paciente

Código: 14300202 E.A.P: Ingeniería de Software

Nombres: Roger Fecha de nacimiento: 09/08/1994 Edad: 20

Apellido Paterno: Cayo Telefono de referencia: 989778722

Apellido Materno: Gonzales Sexo: Masculino

Estado Civil: Soltero E-mail: roger@gmail.com

UBICACIÓN

Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Los Olivos

Dirección: Avenida Alfa - Mz LL - N° 2011 - Lote 27 - 3° Etapa - Urb El Trebol

4	2017-II	Finalizado	07/08/2017	07/08/2017	
---	---------	------------	------------	------------	--

Opciones

Figura 36: Representación de la página de Historia Clínica – Segunda parte

Y en la segunda opción de Certificado de Chequeo Médico, se muestra de acuerdo al tiempo que lleva el paciente atendiéndose en el centro médico como alumno ingresante y regular. A continuación se muestra el certificado como alumno ingresante. (Ver Figura 37)

Medicina General

http://ehunmsm.com

Clínica Universitaria

Diego Cayo

Admisión

Examen Médico

Historia de Clínica

Historia Clínica > Consulta

Certificado de Chequeo Médico

Paciente: Cayo Gonzales, Roger EAP: Ingeniería de Software

Alcos

RESULTADOS

Psicológico: Observado Radiológico: Negativo

Serológico: No Reactivo Grupo Sanguíneo: A Rh(+)

N°	Plan de salud	Estado	Fecha de inicio	Fecha de término	Descargar	Opciones
1	2016-I	Finalizado	21/03/2016	22/03/2016	Download icon	Print icon
2	2016-II	Finalizado	05/08/2016	05/08/2016	Download icon	Print icon
3	2017-I	Finalizado	19/03/2017	21/03/2017	Download icon	Print icon
4	2017-II	Finalizado	07/08/2017	07/08/2017	Download icon	Print icon

Figura 37: Representación de la página de Historia Clínica – Segunda parte

Por último, se muestra el certificado para alumno regular (Ver Figura 38)

Medicina General

http://ehunmsm.com

Clínica Universitaria

Admisión

Examen Médico

Historia de Clínica

Historia Clínica > Consulta

Certificado de Chequeo Médico

Código de paciente: 14300202 Paciente: Cayo Gonzales, Roger

Número de Certificado: 011734-2017 EAP: Ingeniería de Software

RESULTADOS DE LABORATORIO

Hemoglobina: 15,6 - Normal Hemograma: Normal Serológico: No Reactivo

RESULTADOS DE RADIOLOGÍA

Radiológico: Negativo

4	2017-II	Finalizado	07/08/2017	07/08/2017		
---	---------	------------	------------	------------	--	--

Alcos

Opciones

Figura 38: Representación de la página de Historia Clínica – Tercera parte

4.2.3 Repositorios de datos

En esta sección describimos los modelos de base de datos que cada API usa.

4.2.3.1 Base de datos Catalogo

Esta base de datos en PostgreSQL llamada **catalogdb**, está conformada por una sola entidad **catalog** que es usada por la API **CATALOGO**. En la Figura 39 se muestra el modelo de base de datos y en la Tabla 8 su descripción.

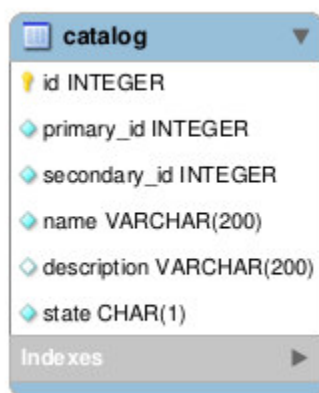


Figura 39: Modelo de base de datos Catálogo

Tabla 8: Descripción de la entidad Catálogo

Entidad Catálogo - Nombre técnico "catalog"	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
primary_id	Identificador lógico que agrupa registros
secondary_id	Identificador de elemento
name	Nombre de elemento de catalogo
description	Descripción de elemento, es el único campo opcional de la entidad
state	Estado de elemento: '0' es inactivo y '1' activo

4.2.3.2 Base de datos Paciente

Esta base de datos en PostgreSQL llamada ***patientdb***, está conformada por una sola entidad llamada ***patient*** que es usada por la API ***PACIENTE***. En la Figura 40 se muestra el modelo de base de datos y en la Tabla 9 su descripción.

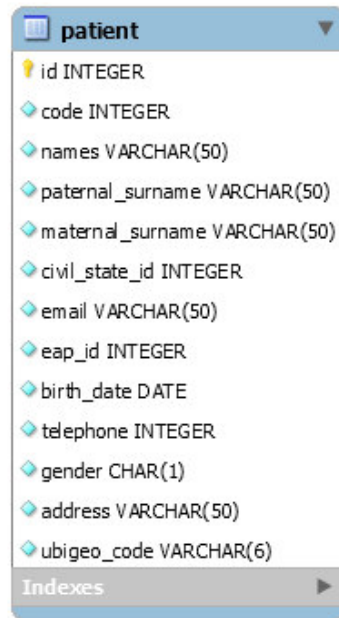


Figura 40: Modelo de base de datos Paciente

Tabla 9: Descripción de la entidad Paciente

Entidad Paciente – Nombre técnico “patient”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
code	Identificador de paciente
names	Nombres del paciente
paternal_surname	Apellido paterno del paciente
maternal_surname	Apellido materno del paciente
civil_state_id	Identificador de estado civil y toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none">• 1:soltero• 2:casado• 3:divorciado• 4:viudo

email	Correo electrónico del paciente
eap_id	Identificador de escuela académica profesional (EAP) que es el código
birth_date	Fecha de nacimiento del paciente
telephone	Teléfono del paciente
gender	Genero del paciente
address	Dirección del paciente
ubigeo_code	Identificador de ubigeo, se conforma la unión de los códigos de departamento, provincia y distrito. Se invoca a la API <i>UBIGEO</i> .

4.2.3.3 Base de datos Registro Medico Electrónico - EMR

Esta base de datos en PostgreSQL llamada **emrdb**, está conformada por dos entidades **emr** y **medical_test** que son usadas por la API *REGISTRO MEDICO ELECTRÓNICO*. En la Figura 41 se muestra el modelo de base de datos y en Tabla 10 y Tabla 11 se muestran sus descripciones.

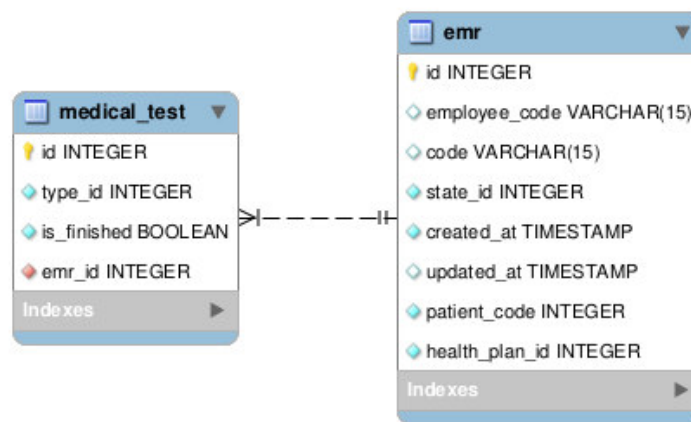


Figura 41: Modelo de base de datos EMR

Tabla 10: Descripción de la entidad EMR

Entidad Registro Médico Electrónico – Nombre técnico “emr”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
employee_code	código de empleado perteneciente al personal médico
code	código de emr, es generado cuando haya finalizado completamente el examen médico
state_id	Identificador de estado de examen médico, se invoca a la API <i>CATALOGO</i> y toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none">• 1: Sin evaluar• 2: En proceso• 3: Finalizado• 4: Suspendido
created_at	Fecha de creación de registro emr
updated_at	Fecha de modificación de registro emr
patient_code	Código de paciente, es el identificador de paciente por evaluar
health_plan_id	Identificador del plan de salud. Este registro es configurable y debe ser actualizado cuando se realice el examen interno médico para estudiantes <ul style="list-style-type: none">• 1: 2017• 2: 2017-II• 3: 2018

Tabla 11: Descripción de la entidad Examen Médico

Entidad Examen Médico – Nombre técnico “medica_test”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
type_id	Tipo de examen, toma los siguientes valores. <ul style="list-style-type: none">• 1: Medicina General• 2: Laboratorio• 3: Radiología• 4: Psicología
is_finished	Booleano para verificar si está finalizado el examen medico
emr_id	Identificador físico de la entidad emr

4.2.3.4 Base de datos de Examen de Medicina General

Esta base de datos en PostgreSQL, es usada por la API *MEDICINA GENERAL*. En la Figura 42 se muestra el modelo de base de datos con nombre técnico ***generalmedicinedb*** y posee las entidades ***general_medicine_test*** y ***symptom***; en la Tabla 12 y Tabla 13 se muestran las descripciones.

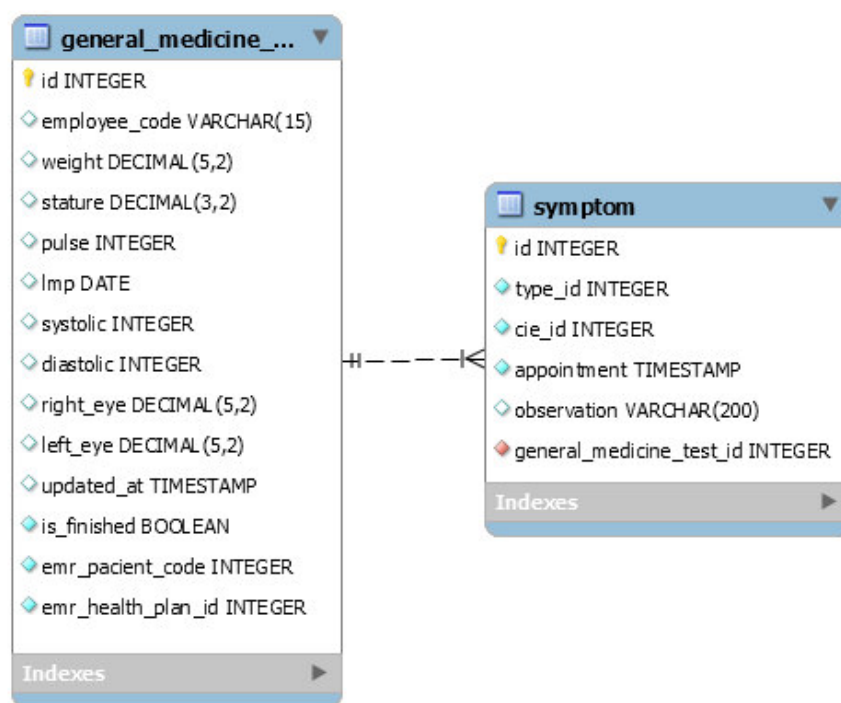


Figura 42: Modelo de base de datos Examen de Medicina General

Tabla 12: Descripción de la entidad Examen de Medicina General

Entidad Examen de Medicina General – Nombre técnico “general_medicine_test”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
employee_code	Identificador del empleado que realizo el registro en el sistema
weight	Peso del paciente en kilogramos
stature	Estatura del paciente en metros
pulse	Pulso del paciente

lmp	Fecha ultima de menstruación (FUM) o Last Menstrual Period (LMP)
systolic	Presión arterial sistólica (mm/hg)
diastolic	Presión arterial diastólica (mm/hg)
right_eye	Agudeza visual del ojo derecho
left_eye	Agudeza visual del ojo izquierdo
updated_at	Fecha de modificación de registro
is_finished	Booleano para verificar si está finalizado el examen de medicina general
emr_patient_code	Identificador del paciente evaluado
emr_health_plan_id	Identificador del plan de salud. Este registro es configurable y debe ser actualizado cuando se realice el examen interno médico para estudiantes <ul style="list-style-type: none"> • 1: 2017 • 2: 2017-II • 3: 2018

Tabla 13: Descripción de la entidad Síntoma

Entidad Síntoma – Nombre técnico “symptom”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
type_id	Tipo de síntoma, toma los siguientes valores. <ul style="list-style-type: none"> • 1: Piel • 2: Oído/Nariz/Garganta • 3: Cardiovascular • 4: Respiratorio (pulmonar) • 5: Abdomen • 6: Músculo esquelético • 7: Neurológico • 8: Alergia a medicamentos • 9: ETS (Enfermedades de Transmisión Sexual) • 10: Otras enfermedades

cie_id	<p>Identificador de clasificación internacional de enfermedades según OMS y toma los siguientes valores</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1: A00-B99 Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias • 2: C00-D48 Neoplasias • 3: D50-D89 Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos y otros trastornos que afectan el mecanismo de la inmunidad • 4: E00-E90 Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas • 5: F00-F99 Trastornos mentales y del comportamiento • 6: G00-G99 Enfermedades del sistema nervioso • 7: H00-H59 Enfermedades del ojo y sus anexos • 8: H60-H95 Enfermedades del oído y de la apófisis mastoides • 9: I00-I99 Enfermedades del sistema circulatorio • 10: J00-J99 Enfermedades del sistema respiratorio • 11: K00-K93 Enfermedades del aparato digestivo • 12: L00-L99 Enfermedades de la piel y el tejido subcutáneo • 13: M00-M99 Enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conectivo • 14: N00-N99 Enfermedades del aparato genitourinario • 15: O00-O99 Embarazo, parto y puerperio • 16: P00-P96 Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal • 17: Q00-Q99 Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas • 18: R00-R99 Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte • 19: S00-T98 Traumatismos, envenenamientos y algunas otras consecuencias de causa externa • 20: V01-Y98 Causas externas de morbilidad y de mortalidad • 21: Z00-Z99 Factores que influyen en el estado de salud y contacto con los servicios de salud • 22: U00-U99 Códigos para situaciones especiales
appointment	Fecha de cita médica
observation	Observación de síntoma, es opcional.
general_medicine_test_id	Identificador físico de la entidad general_medicine_test

4.2.3.5 Base de datos del Examen de Radiología

Esta base de datos en PostgreSQL, es usada por la API *RADIOLOGÍA*. En la Figura 43 se muestra el modelo de base de datos con nombre técnico **radiologydb** y posee la entidad **radiology_test**; en la Tabla 14 se muestra su descripción.

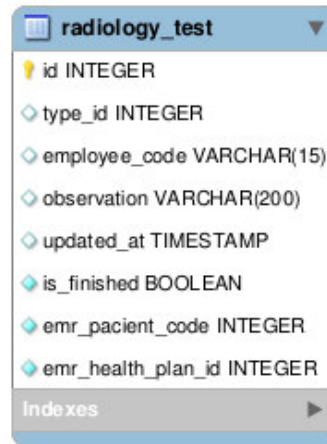


Figura 43: Modelo de base de datos Examen de Radiología

Tabla 14: Descripción de la entidad Examen de Radiología

Entidad Examen de Radiología – Nombre técnico “radiology_test”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
type_id	Identificador de tipo de radiología, se llama a la API <i>CATALOGO</i> y toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none"> • 1: Negativo • 2: Req. Placa grande • 3: Negativo observado • 4: Observado • 5: Persona gestante • 6: Apto
employee_code	Identificador del empleado que realizo el registro en el sistema
observation	Observación de radiología, es opcional
updated_at	Fecha de modificación de registro
is_finished	Booleano para verificar si está finalizado el examen de radiología
emr_patient_code	Identificador del paciente evaluado
emr_health_plan_id	Identificador del plan de salud. Este registro es configurable y debe ser actualizado cuando se realice el examen interno médico para estudiantes <ul style="list-style-type: none"> • 1: 2017 • 2: 2017-II • 3: 2018

4.2.3.6 Base de datos del Examen Psicológico

Esta base de datos en PostgreSQL, es usada por la API *PSICOLOGÍA*. En la Figura 44 se muestra el modelo de base de datos con nombre técnico ***psychologydb*** y posee la entidad ***psychological_test***; en la Tabla 15 se muestra su descripción.

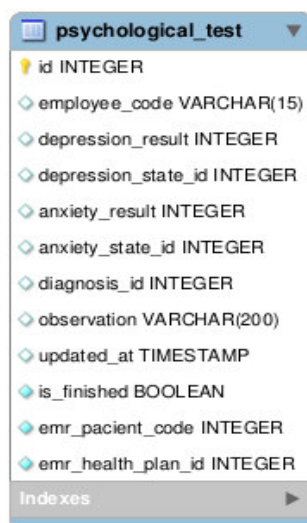


Figura 44: Modelo de base de datos Examen Psicológico

Tabla 15: Descripción de la entidad Examen Psicológico

Entidad Examen Psicológico – Nombre técnico “psychological_test”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
employee_code	Identificador del empleado que realizó el registro en el sistema
depression_result	Valor del resultado de depresión
depression_state_id	Identificador de estado de depresión de acuerdo al valor del resultado (depression_result), toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none">• 1: Normal• 2: Leve• 3: Moderada• 4: Grave• 5: Muy grave
anxiety_result	Valor del resultado de ansiedad
anxiety_state_id	Identificador de estado de depresión de acuerdo al valor de resultado (anxiety_result), toma los siguientes valores

	<ul style="list-style-type: none"> • 1: Normal • 2: Leve • 3: Moderada • 4: Grave
diagnosis_id	Identificador de diagnóstico, toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none"> • 1: Normal • 2: Observador
observation	Observación de diagnóstico, se ingresa solo cuando posea un diagnosis_id
updated_at	Fecha de modificación de registro
is_finished	Booleano para verificar si está finalizado el examen psicológico
emr_patient_code	Identificador del paciente evaluado
emr_health_plan_id	Identificador del plan de salud. Este registro es configurable y debe ser actualizado cuando se realice el examen interno médico para estudiantes <ul style="list-style-type: none"> • 1: 2017 • 2: 2017-II • 3: 2018

4.2.3.7 Base de datos del Examen Laboratorio

Esta base de datos en PostgreSQL, es usada por la *API LABORATORIO*. En la Figura 45 se muestra el modelo de base de datos con nombre técnico **laboratorydb** y posee la entidad **laboratory_test**; en la Tabla 16 se muestra su descripción.

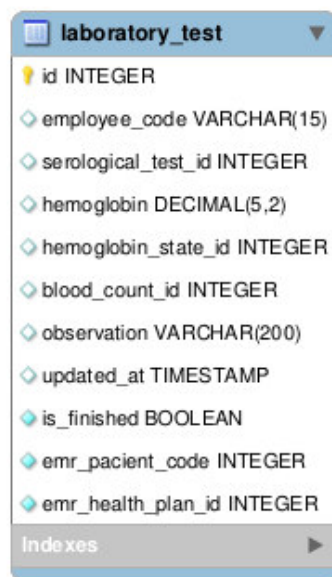


Figura 45: Modelo de base de datos Examen Laboratorio

Tabla 16: Descripción de la entidad Examen Laboratorio

Entidad Examen Laboratorio – Nombre técnico “laboratory_test”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
employee_code	Identificador del empleado que realizo el registro en el sistema
serological_test_id	Identificador de examen serológico, toma lo siguientes valores <ul style="list-style-type: none"> • 1: VDRL • 2: TPHA • 3: No reactivo
hemoglobin	Cantidad de hemoglobina
hemoglobin_state_id	Identificador de estado de hemoglobina, toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none"> • 1: Sin anemia • 2: Leve • 3: Moderada • 4: Grave
blood_count_id	Identificador de hemograma, toma los siguientes valores <ul style="list-style-type: none"> • 1: O Rh(+) • 2: A Rh(+) • 3: B Rh(+) • 4: AB Rh(+) • 5: O Rh(-) • 6: A Rh(-) • 7: B Rh(-) • 8: AB Rh(-)
observation	Observación de examen de laboratorio
updated_at	Fecha de modificación de registro
is_finished	Booleano para verificar si está finalizado el examen de laboratorio
emr_patient_code	Identificador del paciente evaluado
emr_health_plan_id	Identificador del plan de salud. Este registro es configurable y debe ser actualizado cuando se realice el examen interno médico para estudiantes <ul style="list-style-type: none"> • 1: 2017 • 2: 2017-II • 3: 2018

4.2.3.7 Base de datos de Registro Personal de Salud - PHR

Esta base de datos en MongoDB llamada **phrdb**, es usada por la *API REGISTRO PERSONAL DE SALUD*. En la Figura 46 se muestra la estructura JSON de la única colección **phr** y en la Tabla 17 su descripción.

```
Phr = {
  phrId: valor,
  patientSummary:{
    code: valor,
    names: valor,
    paternalSurname: valor,
    maternalSurname: valor,
    civilState: valor,
    email: valor,
    eap: valor,
    birthDate: valor,
    telephone: valor,
    gender: valor,
    address: valor,
    ubigeo: {
      departmentDescription: valor,
      provinceDescription: valor,
      districtDescription: valor
    }
  },
  emrSummaryList:[
    {
      code: valor,
      state: valor,
      createdAt: valor,
      updatedAt: valor,
      healthPlan: valor,
      psychologicalResult: valor,
      radiologyResult: valor,
      serologicalResult: valor,
      bloodType: valor,
      hemoglobin: valor,
      bloodCount: valor
    }
  ]
}
```

Figura 46: Estructura de la colección para PHR

Tabla 17: Descripción de la colección PHR

Colección Registro Personal de Salud – Nombre técnico “phr”	
Nombre de campo	Descripción
phrId	Identificador físico de colección
patientSummary.code	Identificador de paciente
patientSummary.names	Nombres del paciente
patientSummary.paternalSurname	Apellido paterno del paciente
patientSummary.maternalSurname	Apellido materno del paciente
patientSummary.civilState	Estado civil del paciente
patientSummary.email	Correo electrónico del paciente
patientSummary.eap	Escuela académica profesional (EAP)
patientSummary.birthdate	Fecha de nacimiento del paciente
patientSummary.telephone	Teléfono del paciente
patientSummary.gender	Genero del paciente
patientSummary.address	Dirección del paciente
patientSummary.ubigeo.departmentDescription	Nombre de departamento de ubicación del paciente
patientSummary.ubigeo.provinceDescription	Nombre de provincia de ubicación del paciente
patientSummary.ubigeo.districtDescription	Nombre de distrito de ubicación del paciente
emrSummaryList	Lista de registros medico electrónico (emr) donde la cantidad de campos varían, los que se mantienen son código de emr, código de paciente y plan de salud

4.2.3.1 Base de datos Ubigeo

Esta base de datos en PostgreSQL llamada **ubigeodb** está conformada por una sola entidad **ubigeo** que es usada por la API **UBIGEO**. En la Figura 47 se muestra el modelo de base de datos en la Tabla 18 se muestra su descripción.



Figura 47: Modelo de base de datos Ubigeo

Tabla 18: Descripción de la entidad Ubigeo

Entidad Ubigeo - Nombre técnico “ubigeo”	
Nombre de campo	Descripción
id	Identificador físico de entidad
code	Código que se crea a partir de la concatenación de department_code, province_code y district_code
department_code	Código de departamento
department_description	Descripción de departamento
province_code	Código de provincia
province_description	Descripción de provincia
district_code	Código de distrito
district_description	Descripción de distrito

CAPÍTULO V: APOORTE PRÁCTICO

5.1 Desarrollo de software

La implementación es en dos partes, una aplicación del lado cliente y otra del lado servidor. En la aplicación del lado del cliente, se usara Typescript⁴⁴. En la parte del lado servidor, se desarrollaran API que estarán implementadas en Java.

En la codificación se utilizaron técnicas de refactorización⁴⁵ del libro⁴⁶ de Martin Fowler, con el fin de refinar los componentes del software y para poder realizar un código entendible y limpio se usaron las técnicas del libro⁴⁷ de Robert Martin. Mencionar que la codificación se realizó en idioma inglés.

5.1.1 Frameworks

El presente trabajo desarrollo el lado cliente en base a Ng2-Admin⁴⁸ que usa las siguientes tecnologías principales:

✓ Angular 2

Es una plataforma de desarrollo para la creación de aplicaciones web y móviles, donde hace uso de Typescript. Se puede controlar la escalabilidad, es decir cumplir con enormes necesidades de datos mediante la construcción de modelos de datos. También posee características constructivas mediante plantillas simples y declarativas. La mayor mejora de Angular 2 en comparación con Angular 1, principalmente facilita la reutilización de componentes, siendo mucho más eficiente [Google 2016].

⁴⁴ Lenguaje de programación desarrollado y mantenido por Microsoft.

⁴⁵ Técnica de ingeniería de software para reestructurar un código fuente.

⁴⁶ Refactoring: Improving the Design of Existing Code (2008). Editorial Addison Wesley Longman.

⁴⁷ Clean Code (2008). Editorial Pearson.

⁴⁸ Ng2-Admin: Panel de administración creado por Akveo. Fuente <https://akveo.github.io/ng2-admin/> (Consultado 05 Mayo 2016)

✓ **Bootstrap 4**

Es un framework que incluye HTML⁴⁹, CSS⁵⁰ y Javascript⁵¹ que se utiliza para la tipografía, iconos, formas, botones, tablas, cuadrículas de diseño y navegación de sitios web o aplicaciones web. Desarrollado por Twitter a mediados de 2010, Bootstrap se ha convertido en uno de los marcos de vista más populares en el mundo [Otto+ 2016]

Para la implementación de las API usaremos principalmente lo siguiente:

✓ **Spring Boot**

Tiene como objetivo hacer que sea fácil crear aplicaciones de producción y servicios con el mínimo esfuerzo. Se necesita una visión dogmática de la plataforma de Spring de modo que los usuarios nuevos y existentes pueden llegar rápidamente a los bits que necesitan. Se puede utilizar para crear aplicaciones Java autónomas. También proporcionamos una herramienta de línea de comandos [Webb+ 2013]

5.1.2 Herramientas tecnológicas de apoyo

✓ **Eureka**

Es una librería para la localización de los servicios REST, con el fin de balanceo de carga y conmutación por error de los servidores de nivel medio. En Netflix, un equilibrador de carga mucho más sofisticado envuelve Eureka para proporcionar equilibrio de carga ponderada en función de varios factores como el tráfico, uso de recursos, las condiciones de error u otros para proveer elasticidad superior [Netflix 2014]

✓ **Hystrix**

En un entorno distribuido, inevitablemente algunas de las muchas dependencias de servicio fallaran. Hystrix es una librería que ayuda a controlar las interacciones entre estos servicios distribuidos mediante la agregación de latencia y tolerancia a fallos. Hystrix realiza esto mediante el aislamiento de puntos de acceso entre los servicios,

⁴⁹ Sus siglas “HyperText Markup Language”, es un lenguaje de marcado que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet.

⁵⁰ Sus siglas “Cascading Stylesheets”, es un lenguaje de diseño gráfico para definir y crear la presentación de un documento estructurado escrito en un lenguaje de marcado

⁵¹ Es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar ECMAScript.

deteniendo fallos en cascada a través de ellos, y ofrecer opciones de retrocesos, los cuales mejoran la resistencia global del sistema [Netflix 2015]

✓ **Ribbon**

Desempeña un papel fundamental en el apoyo a la comunicación entre procesos en la nube. La librería incluye los balanceadores de carga del cliente de Netflix y los clientes para servicios de nivel intermedio [Netflix 2013]

✓ **Maven**

Maven es una herramienta de gestión de proyectos de software y comprensión. Basado en el concepto de un modelo de objeto de proyecto (POM), Maven puede gestionar una construcción de un proyecto, informes y documentación de una parte central de información [Apache 2016]

✓ **Heroku**

Es una plataforma en nube para aplicaciones que se usa para desplegar, administrar y escalar rápidamente [Salesforce 2017]. En el presente trabajo se usa para realizar el despliegue de las API.

✓ **Firebase**

Es una plataforma en nube de desarrollo móvil (Android, iOS y web) [Google 2017], en el presente trabajo se usa para realizar el despliegue del aplicativo front-end.

5.1.3 Interfaces de usuario

A continuación se mostrara las interfaces desarrolladas con los frameworks y librerías mencionados en la sección anterior.

5.1.3.1 Admisión - Registrar Paciente

Esta funcionalidad invoca a la API *CATALOGO* para obtener la lista de valores de tipo de paciente, plan de salud, estado civil, escuela académica profesional, género y ubigeo. También se invoca a la API *REGISTRO MEDICO ELECTRONICO* para validar si ya cuenta con un examen médico o desea solicitarlo (Ver Figuras 48 y 49).

Clínica - Universitaria

REGISTRAR PACIENTE

Home / Registrar Paciente

Tipo de Paciente: Estudiante

Plan de salud: 2017

PACIENTE

Código: 12200221

¿Realizar examen médico? ☒

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

Estado Civil: SOLTERO

EAP: 202 - Ingeniería de Software

Fecha de Nacimiento: 22/08/2001

Teléfono: 987654321

Género: ☒ Masculino ☐ Femenino

Figura 48: Interfaz de Usuario, primera parte Admisión - Registrar Paciente

Clínica - Universitaria

UBIGEO

Departamento: LIMA

Provincia: LIMA

Distrito: VILLA EL SALVADOR

Dirección: AVENIDA ALFA

Registrar Cancelar

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 49: Interfaz de Usuario, segunda parte Admisión - Registrar Paciente

5.1.3.2 Examen Médico - Medicina General

Recordar que en todas las interfaces de usuario del módulo Examen Médico, se invocan a las API *REGISTRO MEDICO ELECTRONICO*, *MEDICINA GENERAL*, *LABORATORIO*, *RADIOLOGÍA* y *PISCOLOGÍA*; con el fin de validar y mostrar el estado en cada examen. Por otro lado, en la funcionalidad Medicina General se invoca a la API

CATALOGO para obtener la lista de valores de tipo de paciente, plan de salud, género, tipo de síntoma y códigos CIE- 10 (Ver Figura 50)

The screenshot shows the 'Medicina General' section of a medical system. The left sidebar contains navigation links: Dashboard, Admisión, Examen Médico, Medicina General (selected), Laboratorio, Radiología, Psicología, and Historia Clínica. The main content area is titled 'MEDICINA GENERAL' and includes a breadcrumb 'Home / Medicina General'. It features a 'Tipo de Paciente' dropdown set to 'Estudiante' and a 'Plan de salud' field with '2017'. Below this is a 'PACIENTE' section with fields for 'Código' (12200221), 'Nombres' (DIEGO), 'Apellido Paterno' (CAYO), and 'Apellido Materno' (ALCOS). A 'PROCESO DE EXAMEN MEDICO' table lists four exams: 'Examen de Medicina General' (EN PROCESO), 'Examen de Laboratorio' (SIN EVALUAR), 'Examen de Radiología' (SIN EVALUAR), and 'Examen Psicológico' (SIN EVALUAR). At the bottom, there are tabs for 'TRIAGE' and 'EVALUACIÓN CLÍNICA', with 'TRIAGE' currently active.

Figura 50: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico - Medicina General

Esta funcionalidad está dividida en dos partes, la primera es Triage donde se muestra el formulario (Ver Figura 51)

This screenshot shows the 'TRIAGE' section of the 'Medicina General' interface. It displays physical examination data: 'Peso (Kg)' (66), 'Talla (M)' (1.7), and 'Pulso' (82). There are also sections for 'PRESIÓN ARTERIAL' (Sistólica: 110, Diastólica: 88) and 'AGUDEZA VISUAL' (Ojo derecho and Ojo izquierdo). The 'Paciente' information from the previous screen is visible at the top. At the bottom, there are 'Registrar' and 'Cancelar' buttons. The footer includes the copyright notice '© Dackng-UNMSM 2016'.

Figura 51: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico - Medicina General

Después, se tiene la segunda parte Evaluación Clínica donde se agregan síntomas (Ver Figura 52, 53 y 54)

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

Código: 12200221

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

PROCESO DE EXAMEN MEDICO

N°	EXAMEN MEDICO	ESTADO
1	Examen de Medicina General	EN PROCESO
2	Examen de Laboratorio	SIN EVALUAR
3	Examen de Radiología	SIN EVALUAR
4	Examen Psicológico	SIN EVALUAR

TRIAGE EVALUACIÓN CLÍNICA

Agregar Síntoma

N°	SINTOMAS	FECHA DE CONSULTA	OPCIONES
No hay síntomas			

Registrar Cancelar

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 52: Interfaz de Usuario, tercera parte Examen Médico - Medicina General

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

Código: 12200221

SINTOMA

Tipo de sintoma: OIDO/ NARIZ/ GARGANTA

Fecha de cita: 22/08/2017 15:00

CIE 10: H60 - H95: Enfermedades del oído y de la apófisis mastoides

Observación: Prueba de observación

Guardar cambios

No hay síntomas

Registrar Cancelar

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 53: Interfaz de Usuario, cuarta parte Examen Médico - Medicina General

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

Código: 12200221

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

PROCESO DE EXAMEN MEDICO

N°	EXAMEN MEDICO	ESTADO
1	Examen de Medicina General	EN PROCESO
2	Examen de Laboratorio	SIN EVALUAR
3	Examen de Radiología	SIN EVALUAR
4	Examen Psicológico	SIN EVALUAR

TRIAGE

Agregar Sintoma

N°	SINTOMAS	FECHA DE CONSULTA	OPCIONES
1	OÍDO/ NARIZ/ GARGANTA	22/08/2017 15:00 h	

Registrar Cancelar

Figura 54: Interfaz de Usuario, quinta parte Examen Médico - Medicina General

5.1.3.3 Examen Médico - Laboratorio

En la funcionalidad Laboratorio se invoca a la API *CATALOGO* para obtener la lista de valores de tipo de paciente, plan de salud, examen serológico, grupo sanguíneo y estado de hemoglobina (Ver Figura 55)

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

LABORATORIO

Home / Laboratorio

Tipo de Paciente: Estudiante

Plan de salud: 2017

PACIENTE

Código: 12200221

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

PROCESO DE EXAMEN MEDICO

N°	EXAMEN MEDICO	ESTADO
1	Examen de Medicina General	FINALIZADO
2	Examen de Laboratorio	EN PROCESO
3	Examen de Radiología	SIN EVALUAR
4	Examen Psicológico	SIN EVALUAR

REGISTRO DE LABORATORIO

Figura 55: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico – Laboratorio

Para saber qué estado de hemoglobina posee el paciente, nos basamos sobre los rangos establecidos por WHO [WHO 2011] (Ver Figura 56)

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

CAYO

Apellido Materno

ALCOS

3 Examen de Radiología SIN EVALUAR

4 Examen Psicológico SIN EVALUAR

REGISTRO DE LABORATORIO

Examen serológico

NO REACTIVO

Grupo sanguíneo

O Rh(-)

Hemoglobina (g/L)

80

Estado de hemoglobina

MODERADA

Observación

Registrar Cancelar

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 56: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico – Laboratorio

5.1.3.4 Examen Médico - Radiología

En la funcionalidad Radiología se invoca a la API *CATALOGO* para obtener la lista de valores de tipo de paciente, plan de salud y examen radiológico (Ver Figura 57 y 58)

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

Home / Radiología

RADIOLOGÍA

Tipo de Paciente

Estudiante

Plan de salud

2017

PACIENTE

Código

12200221

Nombres

DIEGO

Apellido Paterno

CAYO

Apellido Materno

ALCOS

PROCESO DE EXAMEN MÉDICO

N°	EXAMEN MÉDICO	ESTADO
1	Examen de Medicina General	FINALIZADO
2	Examen de Laboratorio	FINALIZADO
3	Examen de Radiología	EN PROCESO
4	Examen Psicológico	SIN EVALUAR

REGISTRO DE RADIOLOGÍA

Figura 57: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico – Radiología

Clínica - Universitaria

12200221

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

REGISTRO DE RADIOLOGÍA

Examen radiológico: NEGATIVO

Observación:

Registrar Cancelar

N°	EXAMEN MÉDICO	ESTADO
1	Examen de Medicina General	FINALIZADO
2	Examen de Laboratorio	FINALIZADO
3	Examen de Radiología	EN PROCESO
4	Examen Psicológico	SIN EVALUAR

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 58: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico – Radiología

5.1.3.5 Examen Médico - Psicología

En la funcionalidad Psicología se invoca a la API *CATALOGO* para obtener la lista de valores de tipo de paciente, plan de salud, estado de depresión, estado de ansiedad y diagnostico (Ver Figura 59)

Clínica - Universitaria

Home / Psicología

Tipo de Paciente: Estudiante

Plan de salud: 2017

PACIENTE

Código: 12200221

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

PROCESO DE EXAMEN MEDICO

N°	EXAMEN MÉDICO	ESTADO
1	Examen de Medicina General	FINALIZADO
2	Examen de Laboratorio	FINALIZADO
3	Examen de Radiología	FINALIZADO
4	Examen Psicológico	EN PROCESO

REGISTRO DE PSICOLOGÍA

Presencia de depresión Estado de depresión

Figura 59: Interfaz de Usuario, primera parte Examen Médico – Psicología

Para saber qué estados de depresión y ansiedad posee el paciente, nos basamos en la escala de Hamilton [Purriños s.f] y el trabajo de investigación de Louis Matza [Matza 2010] respectivamente (Ver Figura 60)

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

CAYO

Apellido Materno

ALCOS

3 Examen de Radiología FINALIZADO

4 Examen Psicológico EN PROCESO

REGISTRO DE PSICOLOGÍA

Resultado de depresión: 9

Estado de depresión: LEVE

Resultado de ansiedad: 8

Estado de ansiedad: LEVE

Diagnóstico: NORMAL

Observación:

Registrar Cancelar

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 60: Interfaz de Usuario, segunda parte Examen Médico – Psicología

5.1.3.6 Historia Clínica

En esta funcionalidad se invoca a la API PHR para obtener el Registro Personal de Salud que está conformada por los resultados médicos. En la primera parte, se muestra una lista de consolidados relacionados al examen médico según el plan de salud dado (Ver Figura 61).

Clínica - Universitaria

Dashboard

Admisión

Examen Médico

Medicina General

Laboratorio

Radiología

Psicología

Historia Clínica

HISTORIA CLÍNICA

Home / Historia Clínica

PACIENTE

Código: 12200221

Nombres: DIEGO

Apellido Paterno: CAYO

Apellido Materno: ALCOS

Edad: 16

Género: MASCULINO

Ver Detalle de Paciente

EXAMENES MÉDICOS

N°	PLAN DE SALUD	ESTADO	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	OPCIONES
1	2017	FINALIZADO	27/09/2017	27/09/2017	[Search Icon]

© Dackng-UNMSM 2016

Figura 61: Interfaz de Usuario, primera parte Historia Clínica

En la opción Ver Detalle de Paciente, se muestra la información registrada en el anterior modulo Admisión (Ver Figura 62)

CERTIFICADO DE CHEQUEO MÉDICO

Código: 12200221 EAP: 202 - Ingeniería de Software Teléfono: 987654321

Nombres: DIEGO Apellido Paterno: CAYO Apellido Materno: ALCOS

Estado Civil: SOLTERO Fecha de Nacimiento: 30/12/2000 Género: MASCULINO Email: PRUEBA@EXAMPLE.COM

UBIGEO

Departamento: LIMA Provincia: LIMA Distrito: VILLA EL SALVADOR

Dirección: AVENIDA ALFA

Figura 62: Interfaz de Usuario, segunda parte Historia Clínica

Por último, en la opción de consulta de certificado médico se muestra el consolidado de resultados (Ver Figura 63)

CERTIFICADO DE CHEQUEO MÉDICO

Código: 12200221 Paciente: CAYO ALCOS, DIEGO

Número de certificado: 12200221 - 1 EAP: 202 - Ingeniería de Software

RESULTADOS DE LABORATORIO

Hemoglobina (g/L): 80 - MODERADA Estado de hemoglobina: MODERADA Serológico: NO REACTIVO

RESULTADOS DE RADIOLOGÍA

Radiología: NEGATIVO

N°	PLAN DE SALUD	ESTADO	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO	OPCIONES
1	2017	FINALIZADO	27/09/2017	27/09/2017	[Icono de lupa]

Figura 63: Interfaz de Usuario, tercera parte Historia Clínica

5.1.4 Código fuente

Los repositorios del presente trabajo se encuentran en GitHub con los siguientes enlaces:

- Lado cliente: <https://github.com/Dackng/eh-unmsm-client>
- Lado servidor: <https://github.com/Dackng/ehu-microservices>

5.2 Pruebas de software

En esta sección se describe la estrategia de pruebas de software [Claesson 2011] a realizar en el presente trabajo.

5.2.1 Alcance de pruebas

Se realizaron pruebas a los módulos de Admisión, Examen Médico e Historia Clínica según la arquitectura de software propuesta y las historias de usuario [Ver Tabla 5].

5.2.2 Objetivos de pruebas

Se basa en los objetivos del presente trabajo y son los siguientes:

5.2.2.1 Verificación del software

El software sea construido correctamente de acuerdo a los requerimientos establecidos en la etapa de análisis.

5.2.2.2 Validación del software

El software cumple con el propósito establecido, es decir cumplir con las características o atributos de calidad⁵² propuestos por el presente trabajo que son rendimiento y mantenibilidad.

5.2.3 Estrategia de pruebas

Se describe los pasos que se aplicaron en las pruebas para los módulos del proyecto

- En la codificación se utilizó TDD⁵³ por lo tanto siempre se tendrán preparadas las pruebas unitarias cuando finalice alguna implementación de un requerimiento.
- Del punto anterior, la implementación de un requerimiento es tanto para la aplicación cliente como para las API que disponen servicios. Una vez terminado de codificar para ambas partes se procede a realizar las pruebas unitarias.
- Para la realización de pruebas unitarias de las API se trabajara con la librería JUnit disponible para Java.
- Para la automatización de entradas de datos de cada interfaz de usuario, se trabajara con un plugin Selenium IDE que solo está disponible para el navegador

⁵² Atributos de calidad, están definidos por la ISO 9126

⁵³ Test Driven Development (TDD) es una práctica de codificación de Ingeniería de Software.

Web Firefox. Selenium IDE permite grabar y ejecutar scripts de forma directa desde este navegador simulando así la interacción del usuario.

- Para realizar el análisis estático del software se trabajara con el plugin PMD y con el plugin CheckStyle para el seguimiento de código de acuerdo a los estándares de programación, ambas herramientas disponibles para Eclipse IDE.

5.2.4 Niveles de pruebas

Se realizaron pruebas de bajo nivel (unitarias e integración) como de alto nivel (pruebas de sistema y aceptación).

5.2.4.1 Pruebas de Componentes o Pruebas Unitarias

En esta sección se describe las pruebas unitarias con JUnit aplicadas a todas las API con excepción de Configuración, Descubridor y Gateway; debido a las funciones que estas realizan (Ver Tabla 19)

Tabla 19: Pruebas Unitarias de API

Nombre de API	Prueba	Resultado
PACIENTE (ehu-patient-service)	Verificar que registre correctamente los datos del paciente	Exitoso
	Verificar que se obtenga la información detallada del paciente por su código.	Exitoso
	Verificar que se obtenga la información general del paciente por su código.	Exitoso
REGISTRO PERSONAL DE SALUD (ehu-phr-service)	Verificar que registre correctamente la información del registro personal de salud.	Exitoso
	Verificar que se obtenga la información del registro personal de salud según el código de paciente	Exitoso
	Verificar que registre correctamente la información general del registró médico.	Exitoso
	Verificar que actualice correctamente la información general del registró médico.	Exitoso
REGISTRO MEDICO ELECTRONICO (ehu-emr-service)	Verificar que se obtenga la información del registro medico según el plan de salud y código de paciente	Exitoso
	Verificar que registre correctamente la información del registro médico.	Exitoso
	Verificar que se actualice el estado del registro médico, del primero (Sin Evaluar) al segundo (En Proceso), o del segundo al tercero (Finalizado)	Exitoso
	Verificar que se obtenga la información de la lista de exámenes médicos según el plan de salud, código de paciente y en que examen se encuentra	Exitoso

RADIOLOGIA (ehu-radiology-service)	Verificar que registre correctamente el resultado del examen de radiología.	Exitoso
	Verificar que se obtenga el resultado del examen de radiología según el plan de salud y código de paciente	Exitoso
LABORATORIO (ehu-laboratory-service)	Verificar que registre correctamente el resultado del examen de laboratorio.	Exitoso
	Verificar que se obtenga el resultado del examen de laboratorio según el plan de salud y código de paciente	Exitoso
PSICOLOGIA (ehu-psychology-service)	Verificar que registre correctamente el resultado del examen de psicología.	Exitoso
	Verificar que se obtenga el resultado del examen de psicología según el plan de salud y código de paciente	Exitoso
MEDICINA GENERAL (ehu-general-medicine-service)	Verificar que registre correctamente el resultado del examen de medicina general.	Exitoso
	Verificar que se obtenga el resultado del examen de medicina general según el plan de salud y código de paciente	Exitoso
UBIGEO (ehu-ubigeo-service)	Verificar que se obtenga una lista de provincias por código de departamento	Exitoso
	Verificar que se obtenga la localización completa por código de ubigeo	Exitoso
	Verificar que se obtenga una lista de distrito por código de provincia	Exitoso
	Verificar que se obtenga una lista de departamentos	Exitoso
CATALOGO (ehu-catalog-service)	Verificar que se obtenga una lista de elementos pertenecientes a un grupo en específico o identificador primario	Exitoso
	Verificar que se obtenga un elemento por su identificador primario y secundario. El identificador primario contempla los siguientes grupos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Estados civiles 2. Estados de registro medico electrónico 3. EAP 4. Planes de salud 5. Tipos de síntoma 6. CIE 7. Exámenes serológicos 8. Grupos de sangre 9. Tipos de radiología 10. Diagnósticos psicológicos 11. Estados de hemoglobina 12. Estados de depresión 13. Estados de ansiedad 14. Exámenes médicos 	Exitoso
	Verificar que se obtenga el plan actual de salud	Exitoso

	Verificar que se obtenga el elemento de un grupo en específico según el índice de estado.	Exitoso
	Verificar que se obtenga los valores de genero	Exitoso
	Verificar que se elimine todos los elementos de un grupo en específico con excepción de dos índices que se envían como parámetro	Exitoso

5.2.4.2 Pruebas de integración

Se realizó pruebas para la integración Top-Down de componentes pertenecientes a los módulos de Admisión, Examen Médico e Historia Clínica. El objetivo es la detección de errores en la interacción de componentes.

5.2.4.3 Pruebas de sistemas

Se enfoca en el comportamiento de todo el software en su totalidad, incluye las pruebas basadas en las historias de usuario (Ver Tabla 5) y el proceso de atención médica (Ver Figura 25). Abarca pruebas funcionales como no funcionales.

5.2.5 Tipos de pruebas

Son un medio para clarificar los objetivos de los niveles de prueba descritos en la sección anterior. Los tipos de pruebas establecidos son los siguientes:

5.2.5.1 Pruebas Funcionales o Pruebas de Caja Negra

Se considera el comportamiento especificado de acuerdo a las historias de usuario (Ver Tabla 5). A continuación se mostrara las particiones de equivalencia (Ver Tabla 20, 21, 22, 23, 24 y 25).

Tabla 20: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 1

CONDICIONES	PARTICIONES VÁLIDAS	PARTICIONES NO VÁLIDAS	LÍMITES VÁLIDOS	LÍMITES NO VÁLIDOS
Código	8 dígitos	< 8 dígitos	10000000	9999999
		> 8 dígitos		
		Nulo	99999999	100000000
		Caracteres		
Nombres	2 – 50 caracteres	< 2 caracteres	2 caracteres	1 carácter
		> 50 caracteres		51 caracteres
	Caracteres válidos	Nulo	50 caracteres	0 caracteres
		Caracteres inválidos		

Apellido paterno	2 – 50 caracteres	< 2 caracteres	2 caracteres	1 carácter
		> 50 caracteres		51 caracteres
	Caracteres válidos	Nulo	50 caracteres	0 caracteres
		Caracteres inválidos		
Apellido materno	2 – 50 caracteres	< 2 caracteres	2 caracteres	1 carácter
		> 50 caracteres		51 caracteres
	Caracteres válidos	Nulo	50 caracteres	0 caracteres
		Caracteres inválidos		
Email	7 – 50 caracteres	< 7 caracteres	7 caracteres	6 caracteres
		> 50 caracteres		51 caracteres
	Caracteres válidos, incluye “@”	Nulo	50 caracteres	0 caracteres
		Caracteres inválidos, excluye “@”		
Teléfono	9 – 10 dígitos	< 9 dígitos	100000000	99999999
		> 10 dígitos		
		Nulo	9999999999	10000000000
		Caracteres		
Dirección	2 – 50 caracteres	< 2 caracteres	2 caracteres	1 carácter
		> 50 caracteres		51 caracteres
	Caracteres válidos	Nulo	50 caracteres	0 caracteres
		Caracteres inválidos		

Tabla 21: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 2 y N° 3

CONDICIONES	PARTICIONES VÁLIDAS	PARTICIONES NO VÁLIDAS	LÍMITES VÁLIDOS	LÍMITES NO VÁLIDOS
Código	8 dígitos	< 8 dígitos	10000000	9999999
		> 8 dígitos		
		Nulo	99999999	100000000
		Caracteres		
Peso	0,1-999,9	< 0,1	0,1	0
		> 999,9		
		0	999,9	1000
		Nulo		
		Caracteres		
Talla	0,1-3	< 0,1	0,1	0
		> 3		
		Nulo	3	3,1
		Caracteres		
Sistólica	2 dígitos a 3 dígitos	< 2 dígitos	10	9
		> 3 dígitos		
		Nulo	999	9999
		Caracteres		

Diastólica	2 dígitos a 3 dígitos	< 2 dígitos	10	9
		> 3 dígitos		
		Nulo	999	9999
		Caracteres		
Ojo derecho	2 dígitos a 3 dígitos	< 2 dígitos	10	9
		> 3 dígitos		
		Nulo	999	9999
		Caracteres		
Ojo izquierdo	2 dígitos a 3 dígitos	< 2 dígitos	10	9
		> 3 dígitos		
		Nulo	999	9999
		Caracteres		
Observación	200 caracteres	>200 caracteres	200 caracteres	201 caracteres
	Nulo			

Tabla 22: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 4

CONDICIONES	PARTICIONES VÁLIDAS	PARTICIONES NO VÁLIDAS	LÍMITES VÁLIDOS	LÍMITES NO VÁLIDOS
Código	8 dígitos	< 8 dígitos	10000000	9999999
		> 8 dígitos		
		Nulo	99999999	100000000
		Caracteres		
Hemoglobina	1 - 3 dígitos	< 1 dígitos	1	0
		> 3 dígitos		
		0	999	1000
		Nulo		
		Caracteres		
Observación	200 caracteres	>200 caracteres	200 caracteres	201 caracteres
	Nulo			

Tabla 23: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 5

CONDICIONES	PARTICIONES VÁLIDAS	PARTICIONES NO VÁLIDAS	LÍMITES VÁLIDOS	LÍMITES NO VÁLIDOS
Código	8 dígitos	< 8 dígitos	10000000	9999999
		> 8 dígitos		
		Nulo	99999999	100000000
		Caracteres		
Observación	200 caracteres	>200 caracteres	200 caracteres	201 caracteres
	Nulo			

Tabla 24: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 6

CONDICIONES	PARTICIONES VÁLIDAS	PARTICIONES NO VÁLIDAS	LÍMITES VÁLIDOS	LÍMITES NO VÁLIDOS
Código	8 dígitos	< 8 dígitos	10000000	9999999
		> 8 dígitos		
		Nulo	99999999	100000000
		Caracteres		
Resultado de depresión	1 - 2 dígitos	< 1 dígitos	1	0
		> 2 dígitos	99	100
		0		
		Nulo		
		Caracteres		
Resultado de ansiedad	1 - 2 dígitos	< 1 dígitos	1	0
		> 2 dígitos	99	100
		0		
		Nulo		
		Caracteres		
Observación	200 caracteres	>200 caracteres	200 caracteres	201 caracteres
	Nulo			

Tabla 25: Particiones de equivalencia - Historia de Usuario N° 7

CONDICIONES	PARTICIONES VÁLIDAS	PARTICIONES NO VÁLIDAS	LÍMITES VÁLIDOS	LÍMITES NO VÁLIDOS
Código	8 dígitos	< 8 dígitos	10000000	9999999
		> 8 dígitos		
		Nulo	99999999	100000000
		Caracteres		

5.2.5.2 Pruebas Estructurales o Pruebas de Caja Blanca

Se realizaron con el fin de medir la rigurosidad de las pruebas a través de la cobertura de un conjunto de elementos estructurales. Se aplicó a nivel de pruebas unitarias y pruebas de integración.

5.2.6 Pruebas estáticas y métricas

En esta sección se realizó el análisis estático del software. Las pruebas estáticas detectan defectos en lugar de fallos, mencionar que esta técnica estática no ejecuta código. Los aspectos comprobados con el análisis estático son los siguientes:

- ✓ Reglas de estándares de programación.
- ✓ Diseño de un programa (análisis del flujo de control)
- ✓ Uso de datos (análisis del flujo de datos)
- ✓ Complejidad de la estructura de un programa.

Para la configuración del modo de revisión se usó el Sun Checks que viene con la herramienta CheckStyle. Sun Checks provee un módulo con las siguientes métricas:

- ✓ **Boolean Expression Complexity** (Complejidad de expresión booleana)
Demasiadas condicionales conducen a un código que será difícil de leer entonces será difícil de depurar y mantener.
- ✓ **Class Data Abstraction Coupling** (Datos clase abstracción acoplamiento)
Esta métrica mide el número de instancias de otras clases dentro de la clase dada.
- ✓ **Class Fan Out Complexity** (Clase Fan fuera de complejidad)
Para indicar la cantidad de mantenimiento requerido en los programas funcionales (sobre una base de archivos) por lo menos.
- ✓ **Cyclomatic Complexity** (Complejidad ciclomática)
Mide del número mínimo de posibles caminos a través del código y por tanto el número de pruebas requeridas.
- ✓ **Non Commenting Source Statements** (No comentar declaraciones de código)
Determina la complejidad de métodos, clases y archivos; contando las declaraciones de código no comentado.
- ✓ **NPath Complexity** (NPath Complejidad)
Calcula el número de posibles rutas de ejecución a través de una función.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusión

- Se cumplió el objetivo de mejorar el proceso de diagnóstico para los exámenes de laboratorio y psicología, estos se realizan en tiempo real. En el examen de laboratorio, el cálculo de estado de hemoglobina es de acuerdo a rangos establecidos por la OMS. Y en el examen psicológico, los estados de depresión y ansiedad según la escala de Hamilton y Matza respectivamente.
- Se cumplió el objetivo de mejorar la interoperabilidad entre las áreas Medicina General, Laboratorio, Radiología y Psicología. En el proceso del examen médico, se pudo apreciar cómo se actualizan inmediatamente los estados médicos conforme el paciente va siendo evaluado por cada especialista.
- Se cumplió el objetivo de mejorar la oportunidad de consulta de historias clínicas y exámenes médicos usando una arquitectura de microservicios. Para la gestión del examen médico se usó una base de datos relacional y para la gestión de la historia clínica se usó una base de datos no relacional.

6.2 Recomendaciones

Para que el presente trabajo u otros relacionados a eHealth se desarrollen a nivel nacional, es fundamental el apoyo del gobierno con la creación de leyes y organismos para la estandarización y protección de la información del paciente. Existen organismos internacionales que pueden servir de apoyo, tales como HIPPA [CMS 2003] y European Data Protection Directive 95/46/EC [DPC 2012]

6.3 Futuros Trabajos

Desarrollar un módulo de seguridad para la autenticación de usuarios mediante mecanismos de identificación con dispositivos biométricos, firmas y certificados digitales; con el fin de garantizar la Triada de Seguridad que son confidencialidad, integridad y disponibilidad [Sahama+ 2013]

Por último, se tiene contemplado usar Internet de las Cosas (IoT) sobre los equipos biomédicos, con el fin de mejorar el monitoreo del estado del paciente y disminuir el registro manual cuando se realizan exámenes médicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[AbuKhousa+ 2012]: E. AbuKhousa, et al; e-Health cloud: opportunities and challenges, Future Internet, vol.4, no.3, pp. 621 – 645 (2012)

[Alaimo+ 2015]: Alaimo M, et al; Proyectos Ágiles con Scrum. Editorial Kleer (2015).

[Alliance+ 2008]: T. N. Alliance, et al; Defining Key Health Information Technology Terms (2008)

[Apache 2016]: Apache Software Foundation; Welcome to Apache Maven (2016); Recuperado de la URL <https://maven.apache.org/> (Consultado 18 Septiembre 2016)

[Bahga+ 2013]: A. Bahga, et al; A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs; IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics (2013)

[Bernardo+ 2015]: L. Bernardo, et al; Electronic Health Record as eHaaS: Historia Clínica Electrónica como un Servicio de Software en la Nube; Computing Colombian Conference (2015).

[Biswas+ 2014]: Sumon Biswas, et al; Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System; 17th International Conference on Computer and Information Technology (ICIT), pp. 286 – 291 (2014)

[Buyya+ 2008]: R. Buyya, et al; Market-oriented cloud computing: Vision, hype, and reality for delivering it services as computing utilities; High Performance Computing and Communications. HPCC'08. 10th IEEE International Conference (2008).

[Claesson 2011]: Claesson Anders; Test Strategies in Agile Projects; EuroSTAR; Manchester, UK; 21 – 24 November (2011)

[CMS 2003]: Centers for Medicare & Medicaid Services (CMS) - Federal Register; Health Insurance Reform: Security Standards; vol. 68, no 34, pp. 8334 (2003)

[DPC 2012]: Data Protection Commissioner; EUR-Lex 31995L0046 – EN; OPOCE (2012)

[Eason+ 2012]: K. Eason, et al; Bottom-up and middle-out approaches to electronic patient information systems: a focus on healthcare pathways; Informatics in Primary Care, vol. 20, no. 1, pp. 51-56 (2012).

[Ehi2 2014]: eHealth Industries Innovation; What is eHealth? eHealth Industries Innovation (ehi2) Centre; Recuperado de la URL <http://ehi2.swan.ac.uk/en/what-is-ehealth.htm> (2014)

[Eysenbach 2001]: G. Eysenbach; What is e-health? J Med Internet Res, vol. 2, no. 20, pp. 3 (2001)

[Federal 2003]: Federal Register; Health Insurance Reform: Security Standards., vol 68, no. 34, pp.8334 (2003).

[Fowler 2014]: Fowler A. Martin; Microservices (2014); Recuperado de la URL <http://martinfowler.com/articles/microservices.html> (Consultado 13 Mayo 2016)

[Gold+ 2007]: J. Gold, et al; The Health Record Banking imperative: A conceptual model; IBM Systems Journal, vol. 46, pp. 43 – 55 (2007)

[Google 2015]: Google Trends; Interés de búsqueda del termino Microservices a lo largo del tiempo 2013 – 2015 (2015); Recuperado de la URL <http://www.google.com/trends/explore#q=Microservices&date=1%2F2013%2035m&cmpt=q&tz=Etc%2FGMT%2B4> (Consultado 10 Junio 2016)

[Google 2016]: Google. Features & Benefits (2016); Recuperado de la URL <https://angular.io/features.html>. (Consultado 24 Agosto 2016)

[Google 2017]: Google. Firebase te ayuda a crear mejores apps para dispositivos móviles y hacer crecer tu empresa (2017); Recuperado de la URL <https://firebase.google.com/?hl=es-419>. (Consultado 28 Septiembre 2017)

[Hameed+ 2015]: R. Hameed, et al; Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture; 5th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering – EHB (2015)

[HL7 2017]: Health Level Seven International; About HL7 (2017). Recuperado de la URL <http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=nav> (Consultado 04 Marzo 2017)

[ISO 2015]: International Organization for Standardization (2015). ISO/IEC 9126-1:2001

[John+ 2014]: N. John, et al; Health Cloud - Healthcare As A service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future; International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), pp. 1963 – 1966 (2014)

[Khajeh-Hosseini+ 2010]: A. Khajeh-Hosseini, et al; Research challenges for enterprise cloud computing; arXiv preprint arXiv, vol. 3257, p. 1001 (2010)

[Kim+ 2012]: T. Kim, et al; A healthcare system as a service in the context of vital signs: Proposing a framework for realizing a model; Computers and Mathematics with Applications, vol. 64, pp 1324 – 1332 (2012).

[Kumar+ 2012]: S. Kumar, et al; Aneka as PaaS (Cloud Computing); Journal of Computing Technologies, pp. 13 – 16 (2012).

[Lewis+ 2014]: J. Lewis, et al; Microservices Resource Guide (2014); Recuperado de la URL <http://martinfowler.com/microservices/> (Consultado 13 Mayo 2016)

[Ley 2014]: Diario oficial El Peruano; Ley Universitaria N° 30220 – Art. 28 Licenciamiento de universidades (2014).

[Limburg+ 2011]: M. Van Limburg, et al; Why business modeling is crucial in the development of eHealth technologies; J Med Internet Res, vol. 13, no. 4, pp. e124 (2011).

[Marston+ 2012]: S. Marston, et al; ERP on Cloud: Implementation strategies and challenges. In Cloud Computing Technologies, Applications and Management; IEEE Cloud Computing Technologies, Applications and Management, pp. 56 – 59 (2012)

[Matza 2010]: Louis S. Matza, et al; Identifying HAM-A cutoffs for mild, moderate, and severe generalized anxiety disorder (2010)

[Medsphere 2016]: Medsphere Systems Corporation; From VistA to OpenVista: Enhancing a Clinically Proven Health IT Platform (2016); Recuperado de la URL <https://www.medsphere.com/sites/default/files/u30/From%20VistA%20to%20OpenVista.pdf> (Consultado 11 Marzo 2017)

[Mell+ 2009]: P. Mell, et al; The NIST definition of cloud computing (v15) National Institute of Standards and Technology, vol. 15, pp. 1 – 3 (2009)

[Netflix 2013]: Netflix; Ribbon (2013); Recuperado de la URL <https://github.com/Netflix/ribbon/wiki> (Consultado 17 Septiembre 2016)

[Netflix 2014]: Netflix; Eureka at a glance (2014); Recuperado de la URL <https://github.com/Netflix/eureka/wiki/Eureka-at-a-glance> (Consultado 17 Septiembre 2016)

[Netflix 2015]: Netflix; Hystrix defend your app (2015); Recuperado de la URL <https://github.com/Netflix/Hystrix/wiki> (Consultado 17 Septiembre 2016)

[Norman+ 2006]: C. Norman, et al; eHealth literacy: essential skills for consumer health in a networked world; Journal of medical Internet research, vol. 8, no. 2 (2006).

[Noura+ 2015]: Noura Al Nuaimi, et al; e-Health Cloud Implementation Issues and Efforts; Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), 2015 International Conference (2015)

[Oh+ 2005]: H. Oh, et al; What is eHealth (3): a systematic review of published definitions; Journal of medical Internet research, vol. 7, no. 1 (2005).

[OpenEHR 2017]: OpenEHR Foundation; An open domain-driven platform for developing flexible e-health systems (2017); Recuperado de la URL <http://www.openehr.org/> (Consultado 11 Marzo 2017)

[Otto+ 2016]: M. Otto, et al; History (2016); Recuperado de la URL <http://getbootstrap.com/about/> (Consultado 24 Agosto 2016)

[Padhy+ 2012]: R. Padhy, et al; Evolution of Cloud Computing and Enabling Technologies; International Journal of Cloud Computing and Services Science (IJ-CLOSER), vol. 14, pp. 182 – 198 (2012).

[Purriños s.f]: M.J Purriños; Escala de Hamilton-Hamilton Depresión Rating Scale (HDRS), Servizo de Epidemioloxía. Dirección Xeral de Saúde Pública. Servicio Galego de Saúde, pp. 1 – 4

[Reddy+ 2012]: E. Reddy, et al; An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System; International Symposium on Cloud and Services Computing (ISCOS), pp. 113 – 117 (2012)

[Rodriguez+ 2012]: M. Rodriguez, et al; MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System; IEEE Fifth International Conference on Cloud Computing, pp. 899 – 905 (2012)

[Sahama+ 2013]: T. Sahama, et al; Security and privacy in eHealth: is it possible? A sociotechnical analysis; 15th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (2013).

[Salesforce 2017]: Salesforce; Heroku is a cloud platform that lets companies build, deliver, monitor and scale apps — we're the fastest way to go from idea to URL, bypassing all those infrastructure headaches (2017); Recuperado de la URL <https://www.heroku.com/what> (Consultado 13 Julio 2017)

[Shane+ 2014]: A. S. Black, et al; eHealth-as-a-Service (eHaaS): The industrialization of health informatics, a practical approach; IEEE 16th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom) pp 555 – 559 (2014).

[Smartbear 2015]: SmartBear Software; Why You Can't Talk About Microservices Without Mentioning Netflix (2015); Recuperado de la URL <http://blog.smartbear.com/microservices/why-you-cant-talk-about-microservices-without-mentioning-netflix/> (Consultado 22 Mayo 2016)

[UNMSM 2016]: Vicerectorado Académico de Pregrado; UNMSM, sede de los Juegos Panamericanos 2019 (2016). Recuperado de la URL <http://viceacademico.unmsm.edu.pe/?p=3856> (Consultado 25 Enero 2017)

[VistA 2004]: Department of Veterans Affairs Veterans Health Administration Office of Information; VistA Monograph (2004); Recuperado de la URL https://www.va.gov/vdl/monograph/vista_monograph2005-06.htm (Consultado 11 Marzo 2017)

[Waterson 2013]: P. Waterson; Health information technology and sociotechnical systems: A progress report on recent developments within the UK National Health Service (NHS); Applied Ergonomics, vol. 45, no. 2 (2013).

[Webb+ 2013]: P. Webb, et al; Simplifying Spring for Everyone (2013); Recuperado de la URL <https://spring.io/blog/2013/08/06/spring-boot-simplifying-spring-for-everyone> (Consultado 15 Agosto 2016)

[Weider+ 2013]: Weider D. Yu, et al; A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System; 15th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, pp. 476 – 480 (2013)

[WHO 2007]: World Health Organization; WHO health systems strategy, pp. 56 (2007).

[WHO 2011]: WHO; Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad, pp. 3 (2011)

[WHO 2012]: WHO, International Telecommunication Union; National eHealth Strategy Toolkit (2012).

[WHO 2016]: World Health Organization; Global diffusion of eHealth: Making universal health coverage achievable, pp. 93 – 96 (2016).

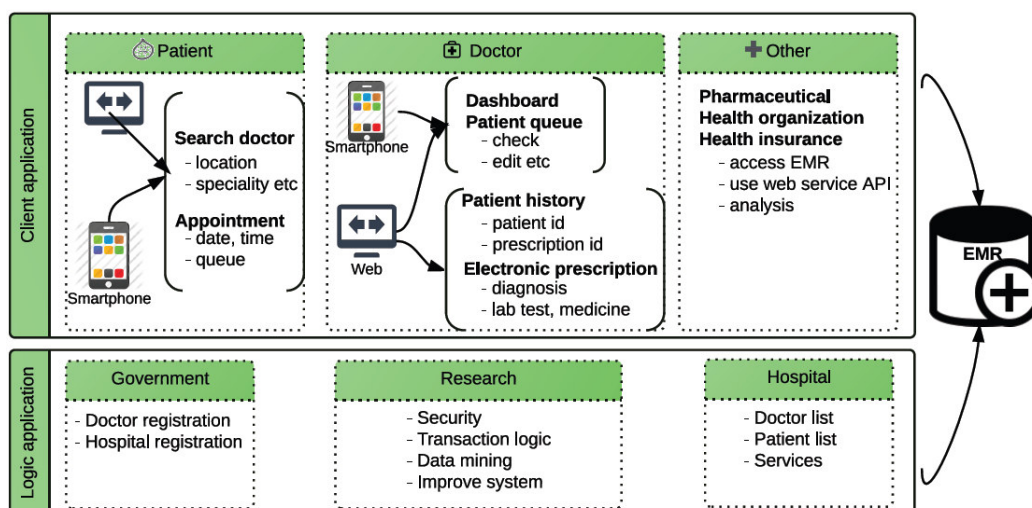
[Yan+ 2009]: L. Yan, et al; Strengthen cloud computing security with federal identity management using hierarchical identity-based cryptography; Cloud Computing, pp. 167 – 177 (2009)

[Yasnoff+ 2013]: W. A. Yasnoff, et al; Putting Health IT on the Path to Success; JAMA, vol. 309, no. 10, pp. 989-990 (2013).

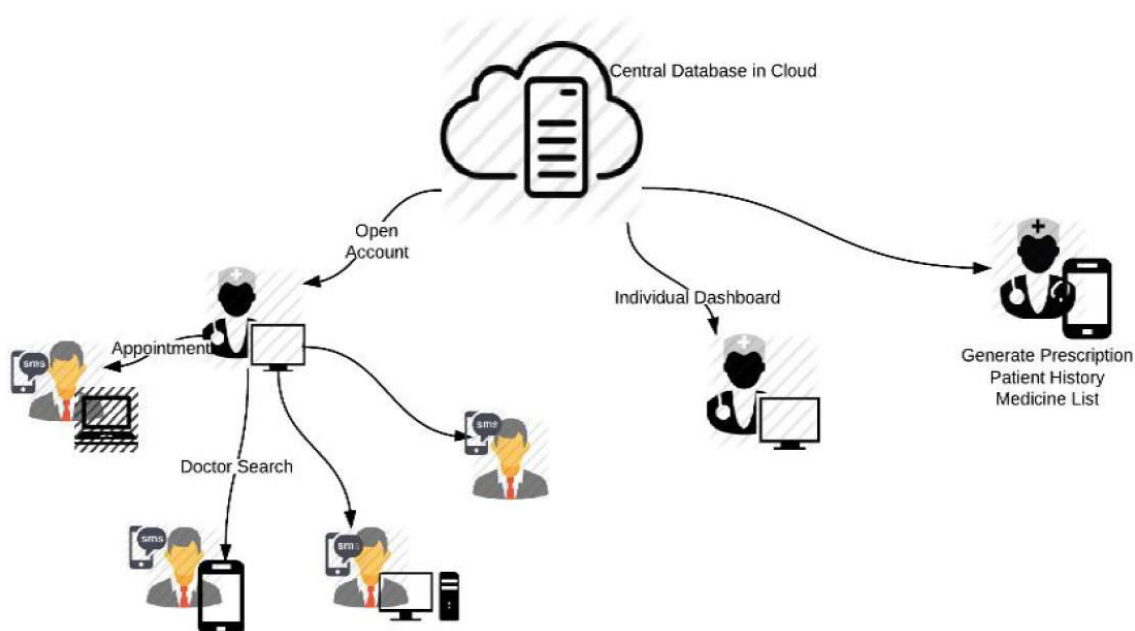
[Zhang+ 2013]: Q. Zhang, et al; Implementation challenges of cloud computing; Pakistan CIO Summit & Expo, Karachi (2013)

ANEXOS

Anexo 1: Cloud Based Healthcare Application Architecture and Electronic Medical Record Mining: An Integrated Approach to Improve Healthcare System



Categorías del software para usuarios y administradores



Vista general de la interacción medico paciente en nube.

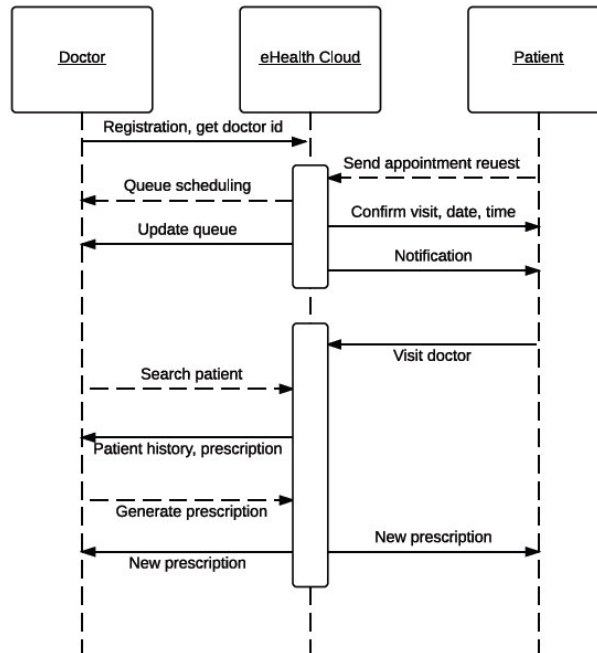


Diagrama de interacción e-health cloud

The screenshot shows the 'Doctors Window' application. On the left is a sidebar with buttons: Patient, Today's Patients List, Doctor's Profile, Account Settings, Manage Shift, SMS Settings, Custom SMS, Log out, Turn off SMS module, and Turn on SMS module. The main window has tabs for 'New Patient', 'New Prescription', 'Old Prescription', and 'Patient's History'. The 'New Prescription' tab is active, showing a form for patient information (ID: 6, Name: Tanjina Akhter, Age: 22, Sex: Female, Address: Abdullahpur, Uttora, Dhaka, etc.) and a table for the prescription (Rx). The Rx table has columns for Drug, Strength, Quantity, Frequency, and Remarks. It contains two entries: 1. Tab. Ace (500mg, 21pcs, 1+1+1, After taking food) and 2. Cap. Zithrin (1000mg, 10pcs, 0+0+1, After dinner). There are also fields for BP (120/80 mm Hg), Pulse Rate (73 / Mnt), Description of disease (Viral Fiver), Tests (Blood, Urine), and Advice. At the bottom are buttons for Email Pres., Print Preview, Save Changes, and Clear All.

Interfaz de generación de la receta electrónica

Anexo 2: A Distributed Storage Solution for Cloud Based e-Healthcare Information System

Requerimientos para cliente web y móvil

Web Clients (* All: Radiologists,Patients,Admin)		
Use Case Name	User Type	Requirements
Registration	Patients,	Workflow to facilitate registration
	Admin	Admin grants permission to users based on users roles.
Login	ALL	Use case to help registered users to Login to the application
Health Record	Patients	Contains Test reports, tests ordered, allergies
Message Center	ALL	Includes, Inbox, Send and Compose features
Appointments	Patients, Radiologists	A patient can schedule or cancel appointments
- Make/Cancel -Accept/Decline		Radiologists can accept or decline the appointments
Patient Record	Radiologists	Includes patients information, Ordered tests, Test Results, Consultation with other Radiologists, Search for patient information.
Manage Profile	Admin	Customize user profiles, account size, registered Radiologists
Search	Radiologist	Search patient information
My Profile	ALL	Facility to customize profile information
Medications	Patients	Notification and informatory message on medication

Requerimientos para cliente web

Mobile Clients (* All: Radiologists,Patients,Admin)		
Use Case Name	User Type	Requirements
Login	All	Login facility for Registered users
Message Center	All	Includes inbox, compose, send and sent emails
Medications	Patients	Patients to check their prescription details
Appointments	Patients, Radiologists	Browse appointment history, future scheduled appointments.
test results	Patients, Radiologists	Patients and Radiologists can browse the test results

Requerimientos para cliente móvil

Diagramas de casos de uso para cliente web y móvil

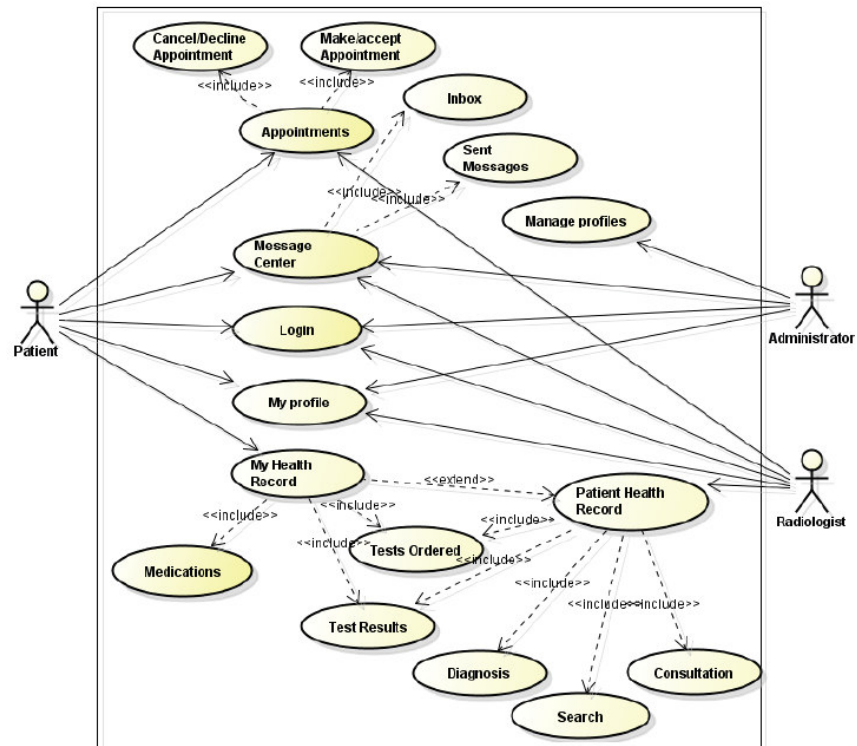


Diagrama de casos de uso para cliente web

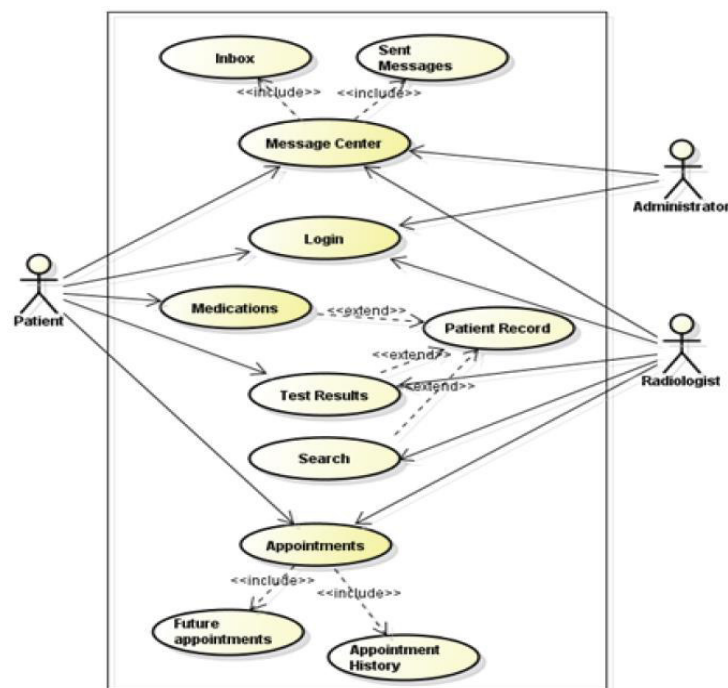
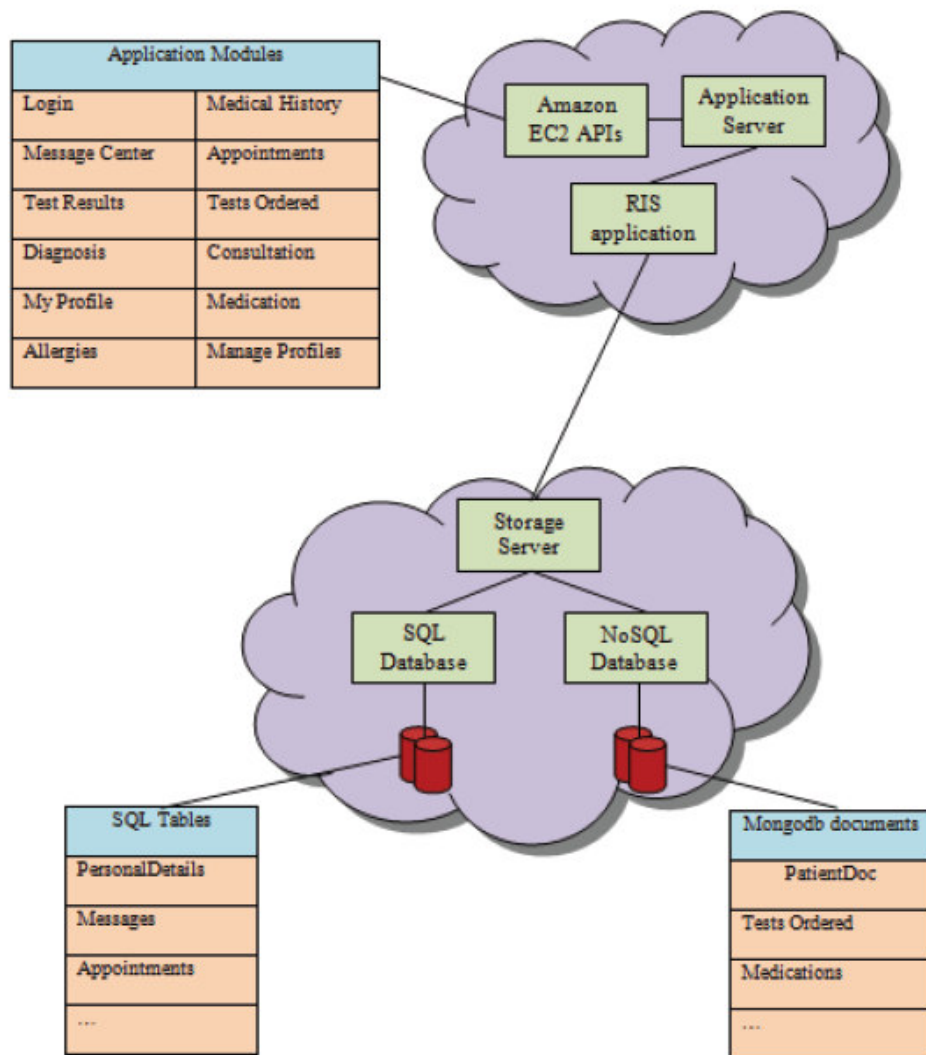
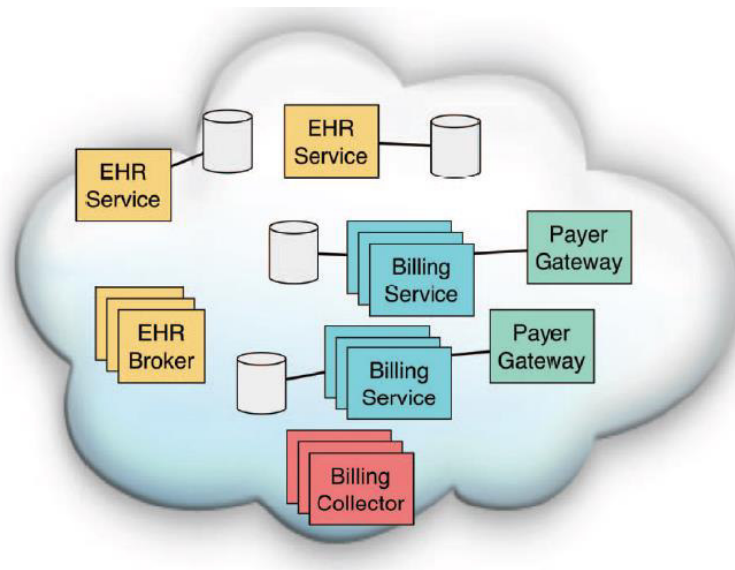


Diagrama de casos de uso para cliente móvil

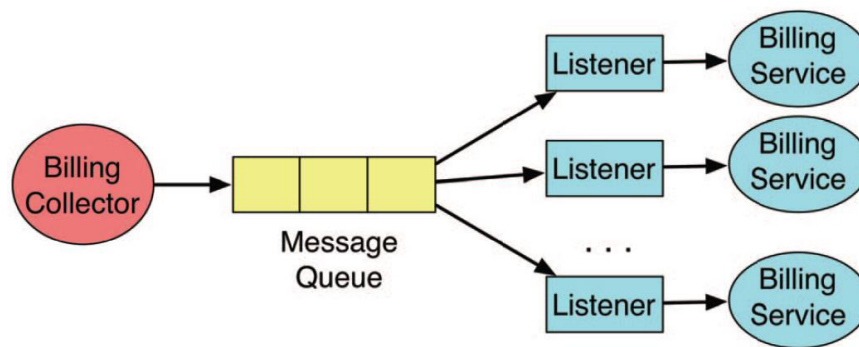


Arquitectura de nube

Anexo 3: MedBook: A Cloud-based Healthcare Billing and Record Management System



Arquitectura de servicios MedBook



Proceso de colas de facturación

Diseño de la aplicación cliente

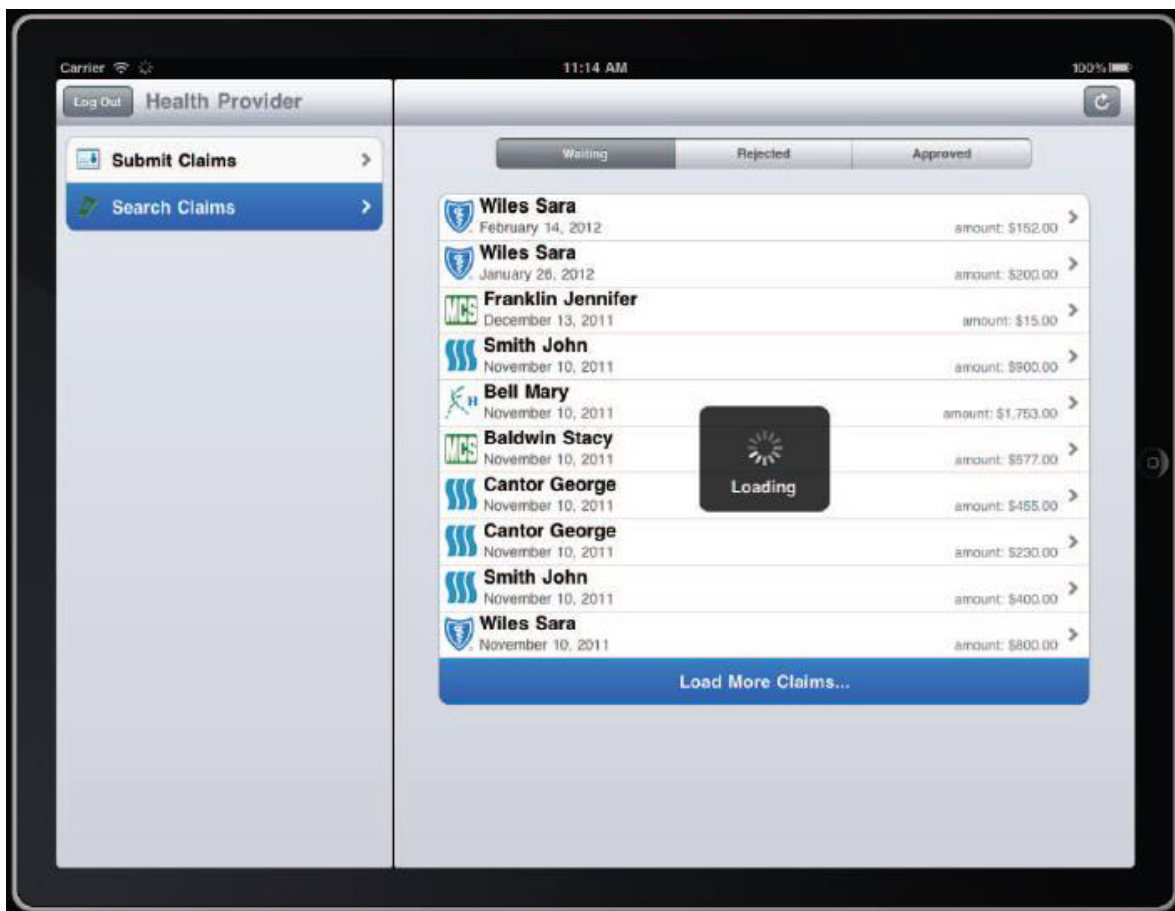
The screenshot displays the MedBook iPad application interface. The top status bar shows 'Carrier', signal strength, '11:42 AM', and '100%' battery. The app's navigation bar includes a 'Log Out' button, a 'Patient' tab, and a 'Claim' tab for 'Doe John'. A sidebar on the left contains 'Profile' and 'Search Bills' options. The main content area is titled 'Claim' and contains the following sections:

- Basic Information:** Fields for Patient Name (Doe John), Insurance (SSS), and Date (November 10, 2011).
- List of Services:** A table listing two services: DR-RT-10 and DR-FC-10, both dated November 10, 2011, with their respective amounts and deductibles.
- Total:** Summary fields for Amount (\$37.00) and Deductible (\$20.00).
- Comments:** A text box containing the message: 'The claim is incomplete, or the codes of the services are wrong. Verify if the codes are valid'.

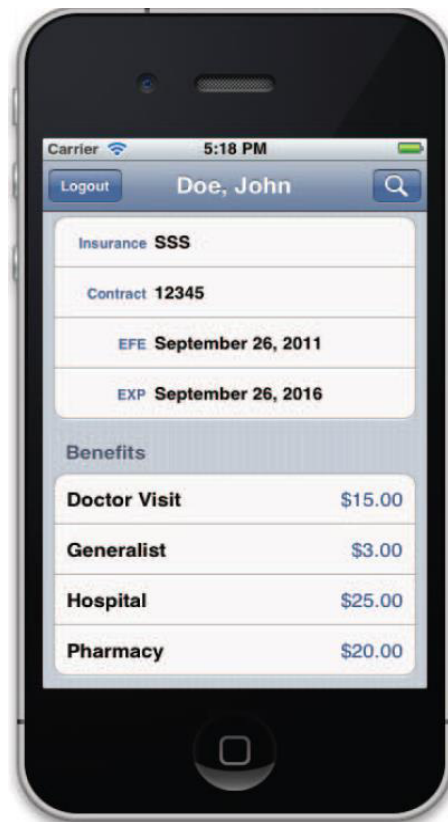
List of Services			
DR-RT-10	amount: \$23.00		
November 10, 2011	deductible: \$10.00		
DR-FC-10	amount: \$14.00		
November 10, 2011	deductible: \$10.00		

Total	
Amount	\$37.00
Deductible	\$20.00

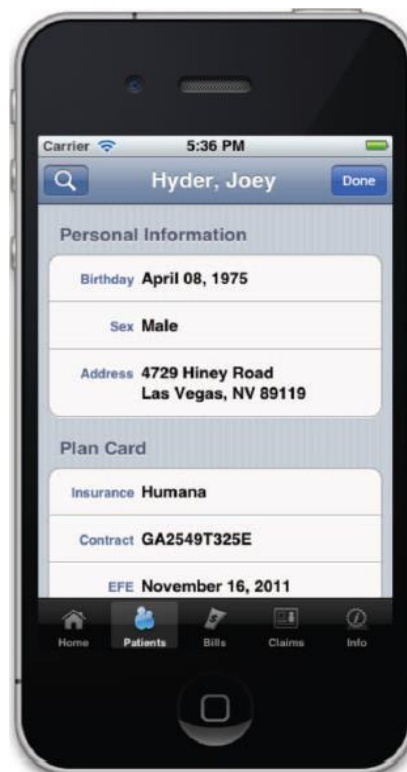
Representación de una reclamación en la aplicación iPad de MedBook



Lista de reclamos procesados en la aplicación iPad

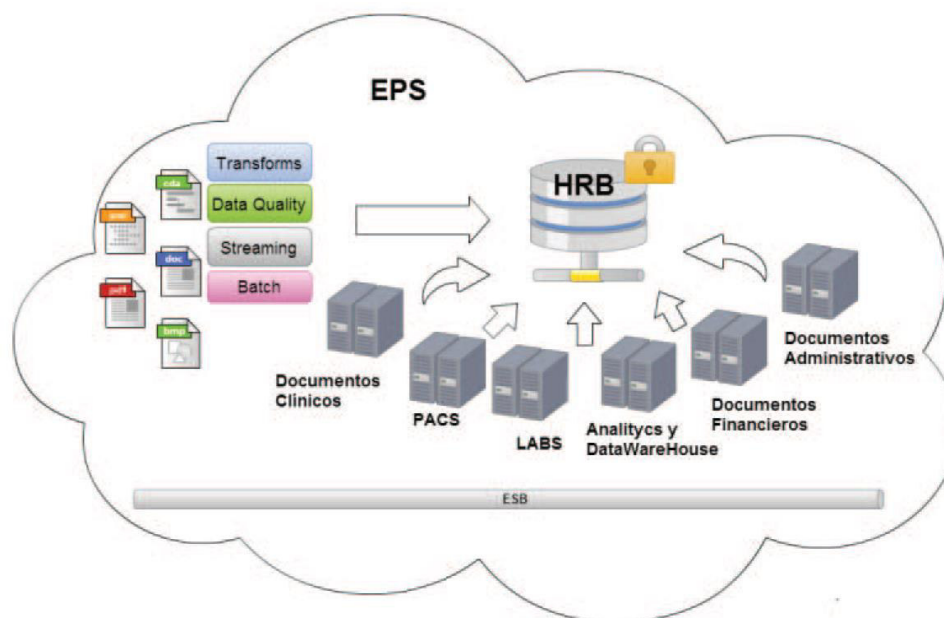


Opinión del paciente sobre sus beneficios en la aplicación iPhone



Vista de los beneficios del paciente como se ve para el proveedor de atención médica

Anexo 4: Electronic Health Record as an eHaaS: Historia Clínica Electrónica como Servicio de Software en la Nube



Componentes del HRB de las EPS

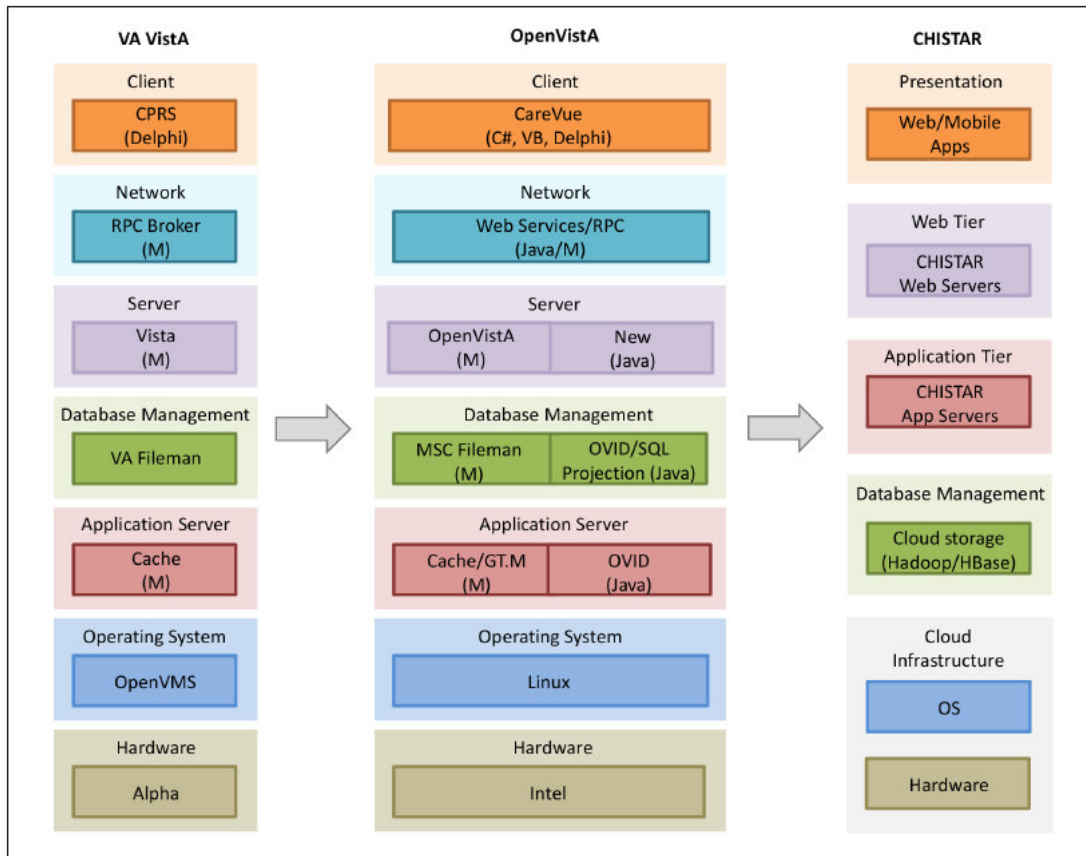
Tipo de Usuario	Beneficios
Profesionales de la salud	Mejora de la calidad y seguridad de la atención. Información oportuna del paciente. Apoyar a toma de decisiones basada en la evidencia clínica. Reducir riesgos clínicos y eventos adversos en la atención.
Pacientes	Mayor seguridad de los tratamientos recibidos. Atención integral con calidad. Información disponible donde y cuando se requiera. Evita repetición de exámenes médicos.
Proveedores de Sistemas de información en salud	Sistemas interoperables con costos bajos de implementación Reduce esfuerzo a desarrolladores de sistemas Facilita recopilar datos del sistema salud. Integra aplicaciones clínicas y dispositivos médicos basados en estándares requeridos tales como HL7 o DICOM.
Empresas del sistema de salud	Promueve ampliación del mercado y mejorar las condiciones de competencia en la prestación de servicios. La colaboración permite compartir los costos y reduce reinversiones futuras para actualizar sistemas.
Entidades del gobierno	Soporte a las políticas sanitarias. Prevención y seguimiento de enfermedades de salud pública. Participación de los ciudadanos en la evolución, adaptación y mejora de las políticas de atención en salud. Integración a modelos de países desarrollados. Facilita la generación y el seguimiento de indicadores en

Beneficios de HCR

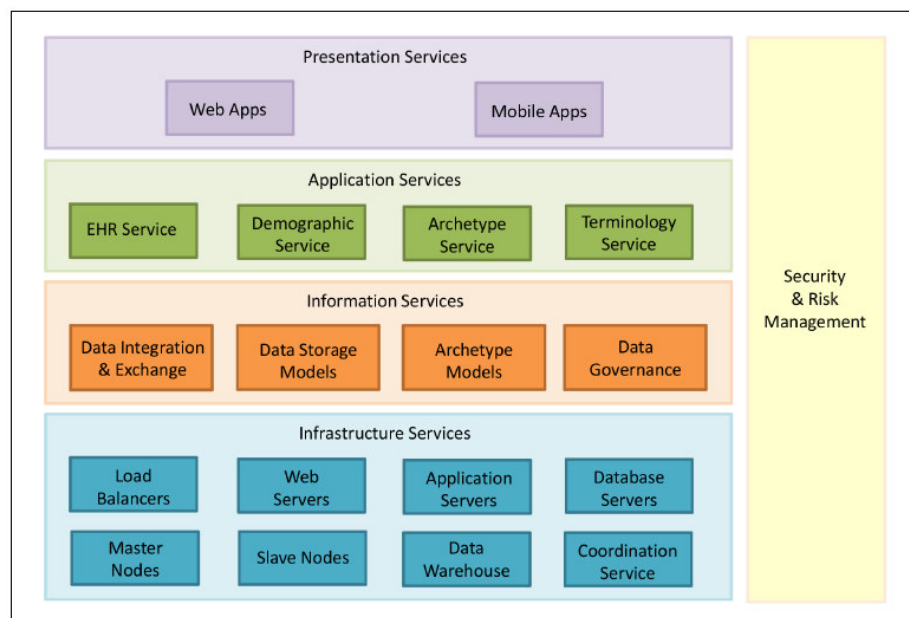
Anexo 5: A Cloud-based Approach for Interoperable EHRs

VA VistA	CHISTAR
Big Model design methodology where each application module generates at-least one global data file that is stored in the MUMPS database.	Generic design methodology which uses a reference model that defines general purpose set of data structures and an archetype model that defines the clinical data attributes.
Scaling VistA's client-server architecture requires untenably complex infrastructures.	CHISTAR's cloud component model based design approach and use of cloud technologies make scalability easy.
Tightly coupled application components.	Loosely coupled application components that communicate asynchronously. Design based on Cloud Component Model.
Semantic interoperability difficult as VistA doesn't use explicit formal ontologies	Achieves semantic interoperability by using a two level modeling approach - reference model and archetype model.
VistA is based on heterogeneous and dated technologies (such as MUMPS) which impacts innovations, maintenance and operations.	CHISTAR uses state of the art cloud technologies and cloud component model approach for system design that allows easy maintenance and integration of new technologies.
Old-fashioned UI based on dated technology (Delphi).	Modern UI based on Web 2.0 technologies such as AJAX, jQuery, etc. CHISTAR UI is optimized for desktop, tablet and mobile platforms.
VistA's stateful design limits scalability. E.g., VistA makes use of RPC Brokers that are stateful and suffer from limited scalability.	CHISTAR uses stateless and scalable design approach based on Cloud Component Model.
Data querying with VistA is cumbersome given the complex RPC's used for querying (such as DDR LISTER).	CHISTAR uses modern technologies and frameworks for data querying such as Hive and hQuery that are scalable and make data querying easy.

Comparación entre VA VistA y CHISTAR

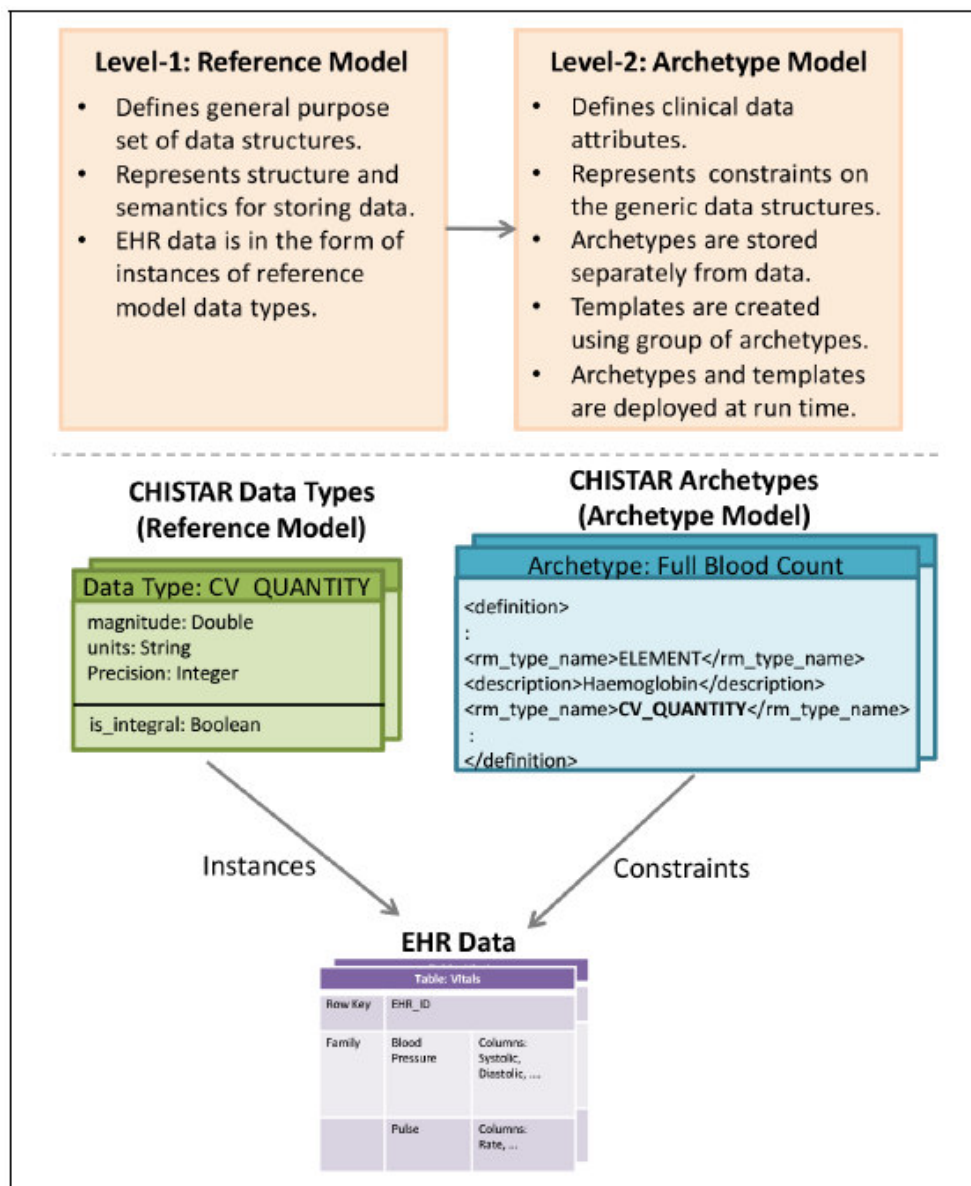


Pilas de tecnología de VA VistA, OpenVistA y el sistema propuesto CHISTAR. VA VistA y OpenVistA son sistemas cliente-servidor, mientras CHISTAR es un sistema en nube.

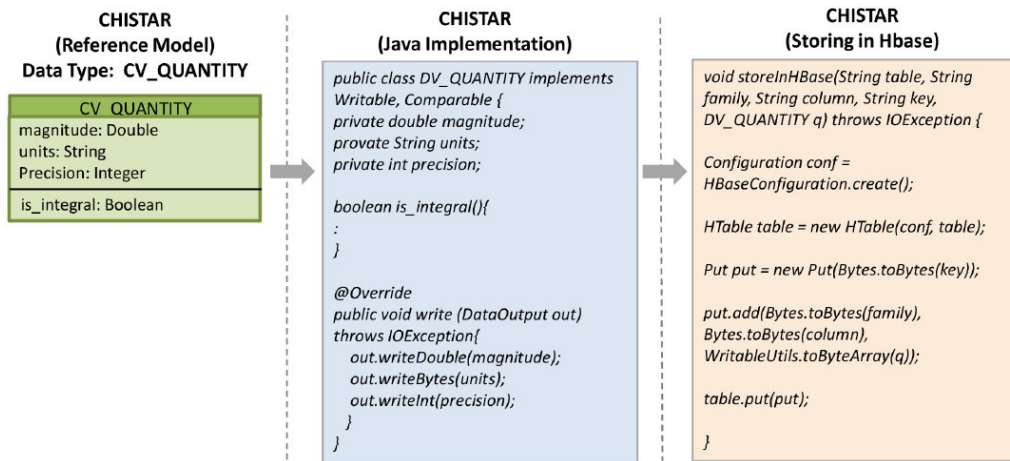


Arquitectura en capas del sistema propuesto CHISTAR

Interoperabilidad Semántica

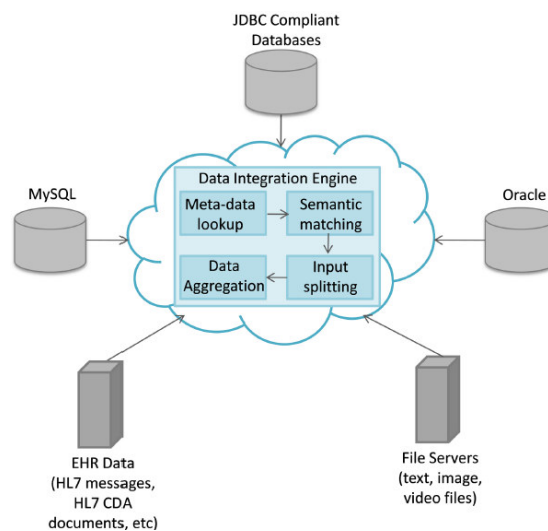


Enfoque de modelo de dos niveles para el diseño de sistemas EHR

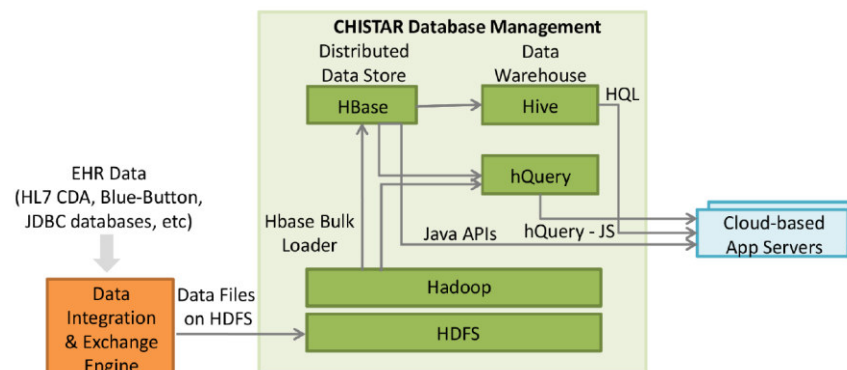


Ejemplo de implementación CHISTAR de los tipos de datos del modelo de referencia

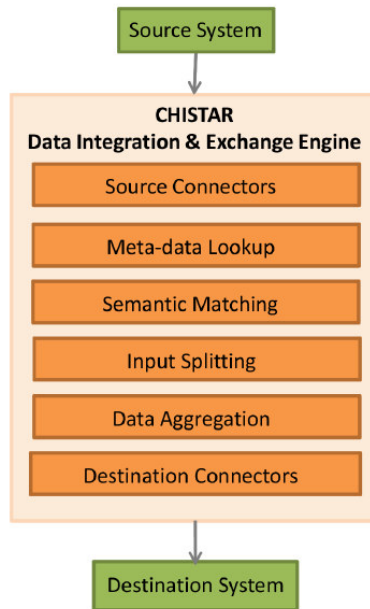
Integración de datos



Enfoque propuesto de integración de datos



Arquitectura de almacenamiento de datos EHR Cloud de CHISTAR



Motor de integración de datos CHISTAR para diversos estándares (HL7, XML, X12, DICOM, NCPDP, etc.) y protocolos (JDBC, FTP, MUMPS, etc.).

Seguridad

Security Aspect	Solution
Authentication	SAML Single Sign-On (SSO)
Authorization	OAuth, Role-based Access Control
Identity Management	Federated Identity Management
Securing Data at Rest	AES-256
Securing Data in Transit	SSL over HTTP
Key Management	Keys stored in a data-store separate and distinct from actual data, key rotation, key encrypting keys
Data Integrity	Message Authentication Codes (MAC)
Auditing	Logging all user activity

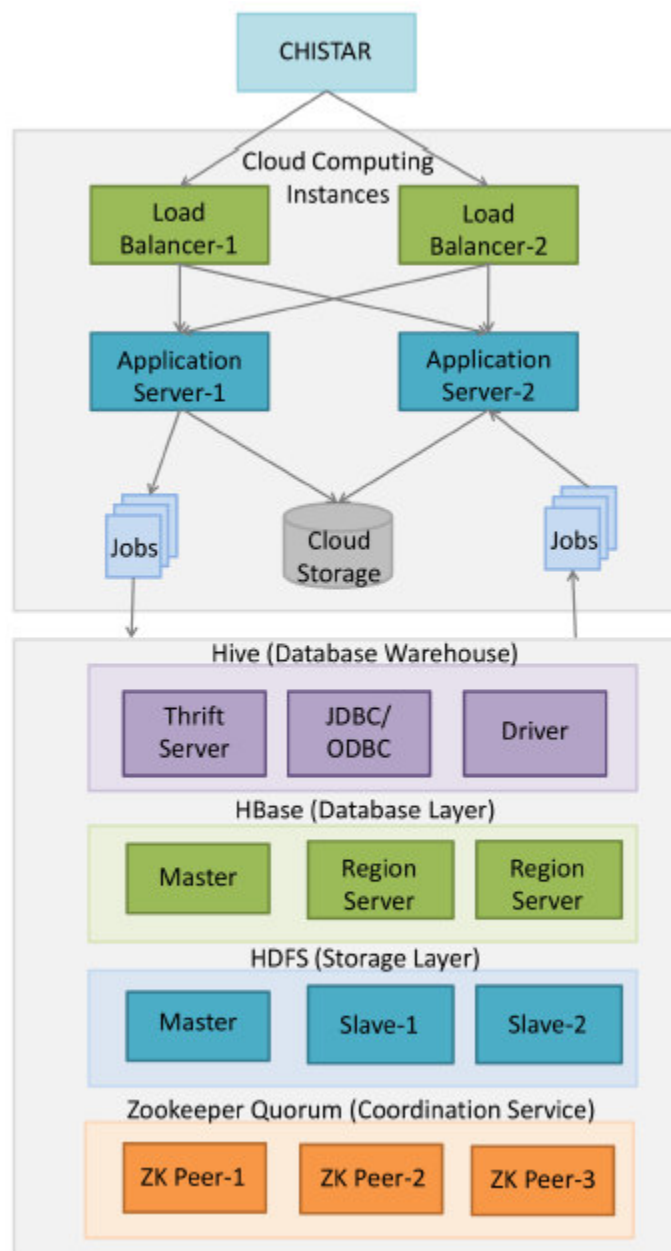
Características de Seguridad CHISTAR

Arquitectura basada en componentes

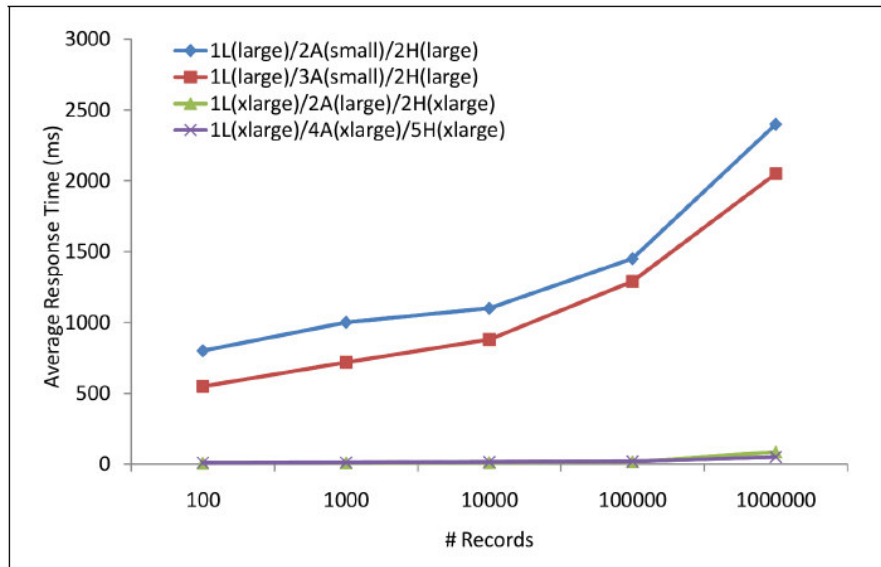
	Clinical Functions	Financial-Administrative Functions	Infrastructure Functions	Patient Web-Portal Functions
Web Tier	Front End	Front End	Front End	Front End
Application Tier	Computerized Patient Record Application	Accounts Receivable Application	Data Management Application	Clinical Information Support App
	Admission Discharge Transfer App	Medical Information Exchange App	Health Data Informatics Application	Electronic Signature Application
	Care Management Application	Medical Information Collection App	Electronic Error & Enhancement Reporting App	Occupational Health Record Application
	Clinical Procedures Application	Integrated Billing Application	Patient Record Management Application	Enrollment Application
Computing/ Analytics Tier	Search Engine	Search Engine	Search Engine	Search Engine
	Recommendation Engine	Reporting Engine	Log Processing Engine	
			Health Data Informatics Engine	
Database Tier	Clinical/Health Database	Accounts Database	Logs Database	Patient Database
	Patient Record Database	Billing Database		
Storage Tier	Video/ Image Store			Video/Image Store

Modelo de componentes de nube para una aplicación EHR

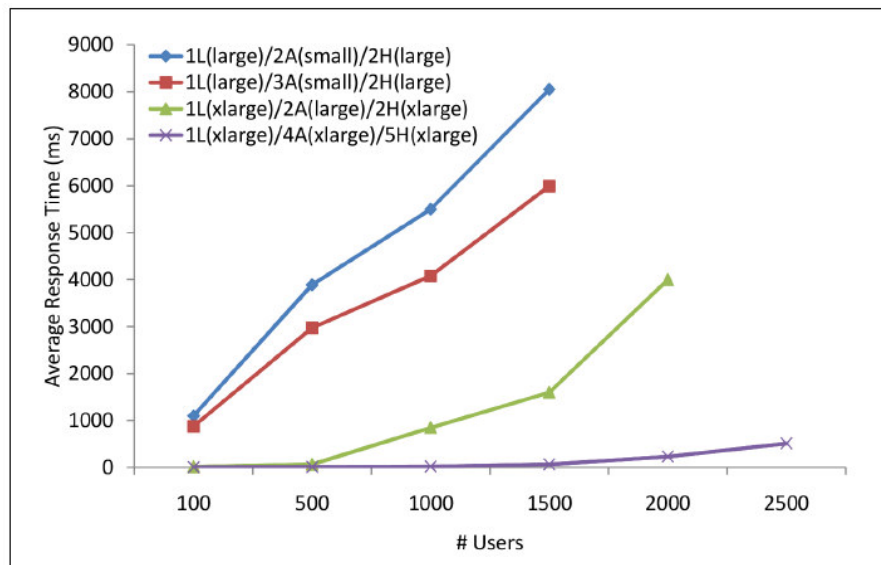
Evaluación de la propuesta



Arquitectura de despliegue de CHISTAR



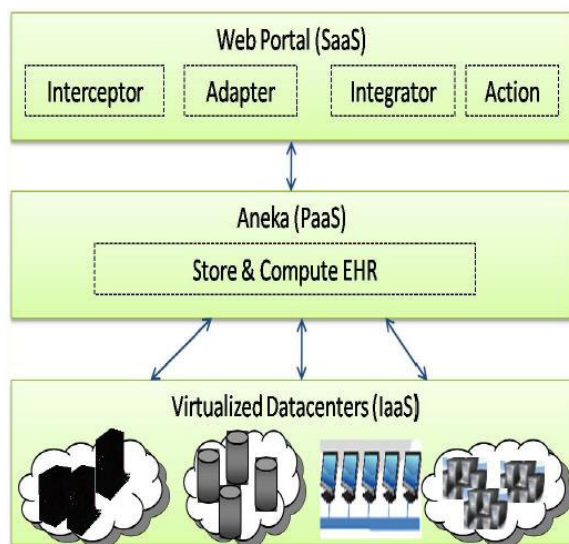
Tiempo de respuesta promedio de CHISTAR para el número variable de registros de pacientes con 100 usuarios simultáneos.



Tiempo de respuesta promedio de CHISTAR para el número variable de usuarios simultáneos con 1000 registros de pacientes.

Anexo 6: An Efficient Cloud Framework for Health Care Monitoring System

Implementación

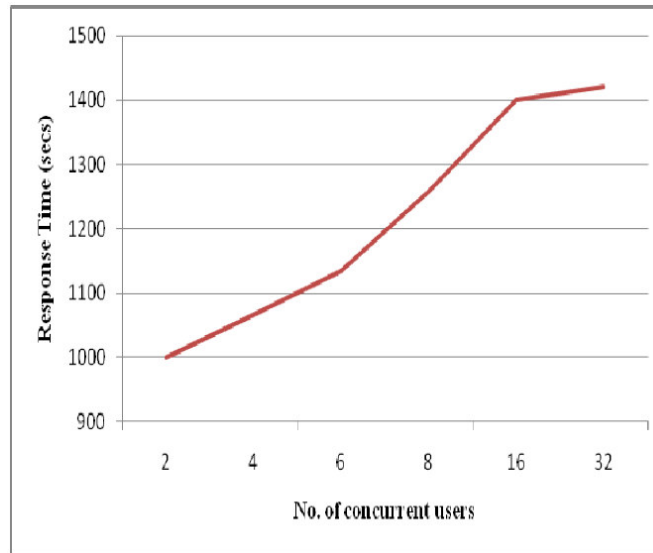


Arquitectura por capas CHMS.

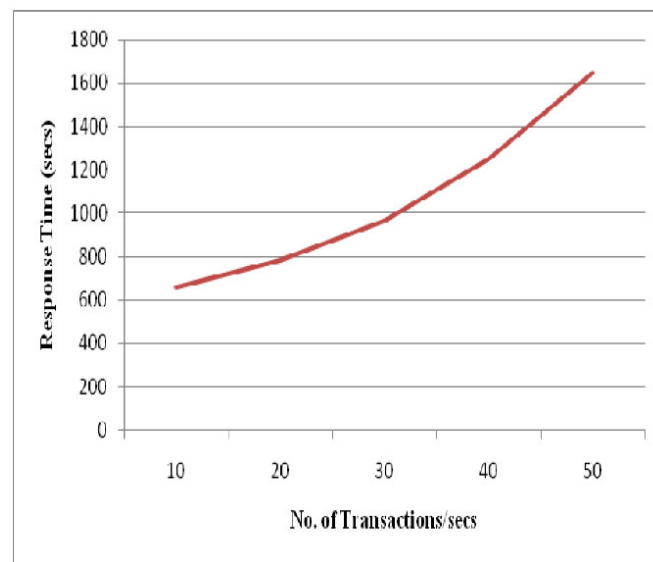
Análisis de desempeño

Resources (H/W & S/W)	Value
CPU	INTEL CORE 2 DUO
RAM	2 GB
Memory	1TB
Platform	ANEKA 2.0
OS	32 bit Windows
No. of nodes	10
No. of Concurrent users	02-32

Configuración de los recursos utilizados en el análisis de desempeño.

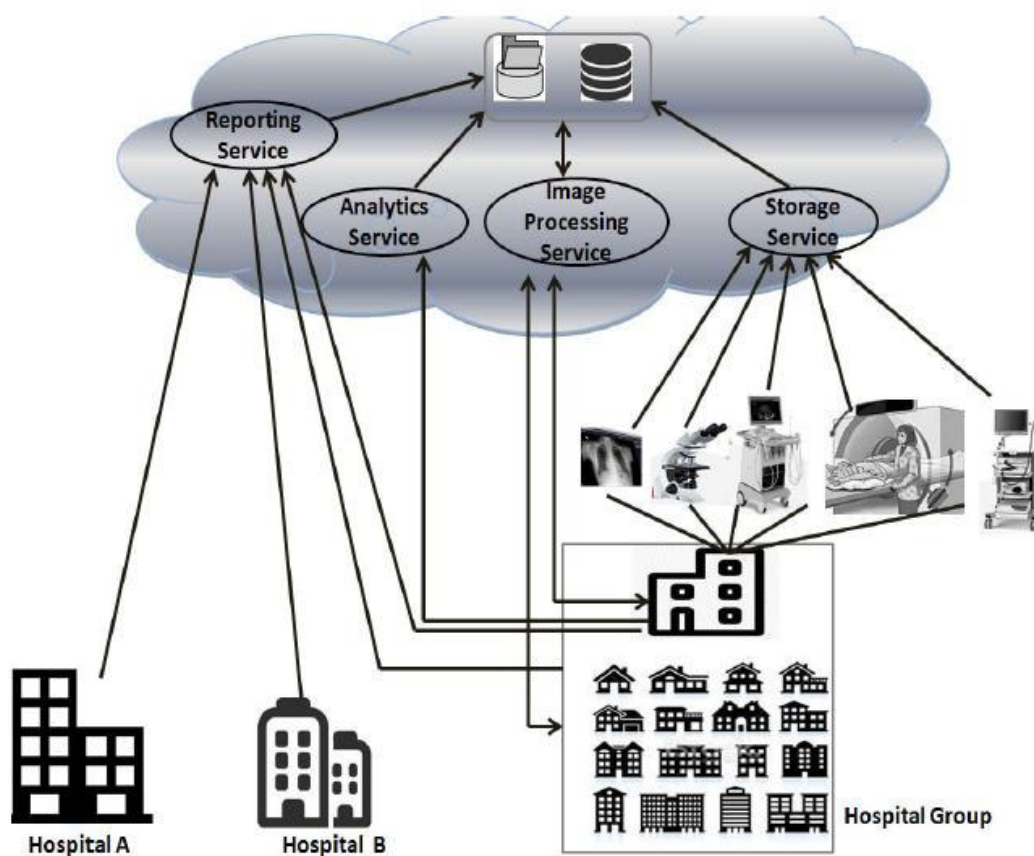


Experimento 1: Medida del tiempo de respuesta en CHMS con variación de número de usuarios simultáneos.



Experimento 2: Medida del rendimiento en CHMS.

Anexo 7: Health Cloud – Healthcare As A Service (HaaS): A step towards redefining healthcare services for the future



Vista general de Health Cloud.

Anexo 8: Design of e-Healthcare Management System Based on Cloud and Service Oriented Architecture

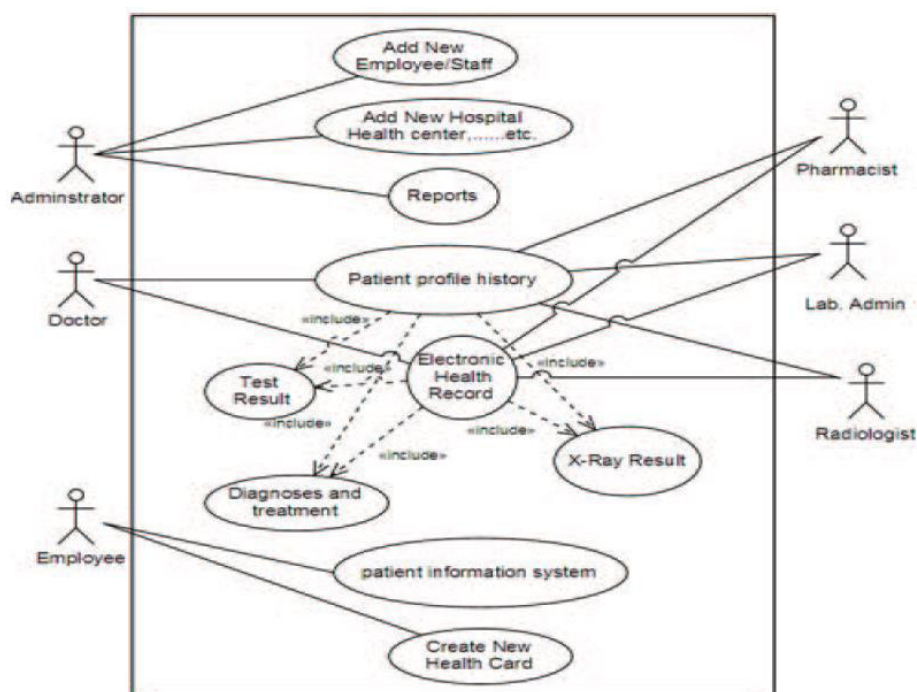


Diagrama de casos de uso del sistema propuesto.

E-Health Management System In Iraq					
Welcome Rasha Talal, you are Admin Today, May 26, 2015					
Home	Administration	Personal Information System	Electronic Health Record	New Health Card	Logout
Statistics					
Statistics for Employees			Statistics for Patients		
Number of Doctors = 1			Number for Patients = 2		
Number of Employees in Health insurance office = 3					
Number of Lab Admin = 2					
Number of Radiology Admin = 1					
Number of Pharmacy Admin = 1					
Statistics for Hospitals			Statistics for Health Insurance Office		
Number of Hospitals = 6			Number for Health Insurance Office = 2		
Statistics for Pharmacies			Statistics for Health Centers		
Number of Pharmacies = 2			Number for Health Centers = 6		

Página de inicio del sistema de gestión de e-health.7